| | | |
|---|---|---|
| pliegos 1 | pag | 100 |
| 2 | | 100 |
| 3 | | 134 |
| 4 | | 190 |
| 5 | | 258 |
| 6 | | 336 |

# LE MOUVEMENT DE LA LUMIERE; OU PREMIERS PRINCIPES D'OPTIQUE.

*Par M. TRABAUD, Maître-ès-Arts.*



A PARIS;

Chez { DURAND, Rue S. Jacques, à S. Landry & au Griffon.
PISSOT, Quai de Conti, à la Croix d'or.

M. DCC. LIII.

*Avec Approbation & Privilege du Roy.*


WELLCOME
LIBRARY
INSTITUTE



# DISCOURS PRELIMINAIRE.

LA lumiere est un des plus beaux présens que les hommes ayent reçû de Dieu ; c'est un don si excellent que le Créateur a voulu consacrer le premier jour de la suite des tems à sa production, nous faisant entendre par là que la bonté qu'il vit dans ses autres ouvrages auroit manqué de quelque perfection, si au moment de la création ils n'avoient été éclairés de la lumiere : ainsi la lumiere bonne en elle-même embelit les créatures & releve leur bonté. Cet avantage, quoique grand, est cependant beaucoup au-dessous des autres biens sans nombre qui en reviennent à l'homme. Pour en sentir tout le prix qu'on se représente le Genre-Humain dans l'aveuglement, & privé de la faculté de voir; l'on apperçoit assez que non-seulement les beautés de la Nature seroient comme anéanties pour lui, mais encore que chaque particulier étant dans l'impuissance de prêter quelque secours corporel,& ne pouvant se flatter d'en recevoir aucun, la societé, si tant est qu'elle fût praticable, ne seroit qu'un surcroît d'affliction; car qu'est-ce qu'une compagnie dont les membres accablés d'indigence ne peuvent point s'aider reciproquement, n'est-ce pas le comble de la misere?

Tel seroit l'état affreux de l'homme si l'usage de la lumiere lui étoit interdit. Mais qu'il lui soit permis d'ouvrir les yeux & de jouir de la clarté du jour, on le verra bien-tôt subvenir à ses besoins les plus pressans; l'esprit d'invention aiguillonné sans cesse par la nécessité ou par le desir du bien être ne tardera gueres de lui procurer en abondance les commodités de la vie; la Terre sera cultivée sans relâche, & les arts fleuriront à l'envi les uns des autres; enfin chacun s'appliquant à remplir dignement les fonctions auxquelles ses dispositions naturelles le rendent propre, le bon ordre regnera partout. On peut raisonnablement fonder ces espérances sur les talens que l'homme a reçûs, supposé que la lumiere favorise ses desseins & qu'elle seconde ses entreprises; mais si elle lui manque, toute émulation sera éteinte en lui, & les facultés de l'esprit seront inutiles ou demeureront oisives. Il est donc vrai de dire qu'avec la lumiere l'homme est riche, ou qu'il est en état de le devenir, & que sans elle il est dénué de tout.

La lumiere devant contribuer plus qu'aucun être corporel à la felicité de l'homme, il falloit que l'homme pût être en état d'en jouir pleinement sans craindre d'en perdre la possession, il falloit aussi qu'il fût doué d'une faculté qui répondit à la grandeur du bienfait: c'est pour cette raison que la Nature tojours bienfaisante & sage dans ses desseins a pris plaisir de perfectionner la vûe, en faisant d'elle le plus universel, le plus prompt, & le plus actif de tous les sens. Qu'un

millions d'objets ſoient en préſence, l'œil les apperçoit dans un inſtant & en fait pour ainſi dire le dénombrement; comme un gardien fidelle & une ſentinelle vigilante il avertit ſon maître du danger qui le menace, ou bien il le preſſe de travailler à l'acquiſition des choſes néceſſaires ou utiles. Faut-il donc être ſurpris ſi un homme eſt toujours prêt de ſacrifier ce qu'il a de plus cher à la conſervation de la vûe; il ſçait bien qu'en la conſervant il peut ſe dedommager des autres pertes, & qu'en la perdant il perd tout étant à la merci de ceux avec qui il aura à vivre.

On alleguera peut-être que ſi d'un côté la vûe eſt abſolument néceſſaire pour faire les exercices du corps, d'un autre côté elle eſt nuiſible aux facultés intellectuelles, en ce qu'elle retarde les progrès de l'entendement par des diſtractions inévitables & involontaires; c'eſt pourquoi il s'eſt trouvé des Philoſophes qui pour ſe délivrer de ſes importunités ont mieux aimé en être privés & renoncer à ſes avantages, que d'éprouver la dure néceſſité d'être continuellement en garde contre ſes ſollicitations.

Il faut avouer que la vûe eſt quelque fois incommode, & que le ſouvenir des objets qu'on a conſideré trop attentivement ou dont on s'eſt trop occupé tient l'eſprit comme en ſervitude, l'empêche de produire quoique ce ſoit, ou même lui ravit ſes propres penſées après qu'il les a enfantées; mais telle eſt la condition de l'homme. Il n'y a aucun bien dont la poſſeſſion n'entraîne quelque deſavantage; l'art & la prudence ne conſiſtent

point à écarter tous les inconvéniens, cela n'eſt pas poſſible, mais à les diminuer & à les rendre ſupportables : c'eſt en quoi a ſçû réuſſir un Philoſophe dont la mémoire eſt encore recente (le R. P. Malebranche). Car voulant auſſi éviter la ſéduction des ſens, & en particulier de la vûe, il s'eſt appliqué à découvrir les erreurs qu'ils peuvent occaſionner & les moyens de les prevenir ; il n'a rien oublié pour en affoiblir l'empire en les reſtraignant dans les bornes qui leur conviennent, mais plus ſage & plus éclairé que ceux qui les regardent comme un mal, il a ſçû les maîtriſer ſans détruire l'organe : de la ſorte demêlant la fin pour laquelle ils nous ont été accordés, il a garanti la raiſon des égaremens où ils la peuvent jetter, ſans néanmoins être ingrat & injurieux envers ſon bienfaiteur.

Au reſte que ceux qui méditent ſur des ſujets de pure intelligence, & qui ſe plaignent d'être troublés ou inquiétés dans leurs meditations philoſophiques par les impreſſions de la vûe faſſent reflexion que ces empêchemens ne ſont rien, & qu'ils ne doivent point entrer en parallele avec les grands biens qui ſont attachés à la faculté de voir, puiſqu'il demeurera toujours pour conſtant que les arts & les ſciences les plus utiles ou même néceſſaires ont un beſoin abſolu de la vûe, & qu'on ne ſçauroit les cultiver ni les exercer ſi on en eſt privé.

Ce qu'on vient de dire en faveur de la lumiere ne touche que les rapports éloignés, en ce que l'homme ne ſçauroit s'en paſſer pour agir. Si on

examine les rapports plus prochains & immédiats, on y découvrira des nouveaux motifs de l'eſtimer; ils ſeront à la verité moins preſſans, parce qu'ils intereſſent moins le commun des hommes, roulant ſeulement ſur le vrai, l'utile & l'agréable; mais je me perſuade que des yeux Phyſiciens ne ſeront point fatigués de s'en entretenir. On va eſſayer de les déduire en gros avec les principales proprietés de la lumiere qui doivent faire la matiere de ce Traité.

Le propre effet de la lumiere c'eſt de rendre viſibles les corps qui ſont autour de nous, elle ébranle l'organe de la vûe, & en conſéquence nous voyons les objets vers leſquels les yeux ſont tournés : pour faire cet ébranlement il faut qu'elle entre dans l'œil, car ſi elle le preſſe ſeulement à l'exterieur, comme lorſque les paupieres ſont fermées, on ne voit non plus que ſi on étoit au milieu des ténebres; elle traverſe auſſi les trois humeurs qui le rempliſſent, car elles ſont tranſparentes comme l'eau & le verre qui lui livrent paſſage. L'organe immédiat de la vûe eſt donc placé au fond de l'œil, & c'eſt là que la lumiere l'excite & l'anime à faire ſes fonctions.

Pour entrer dans le plan qu'on a ſuivi, il faut faire attention aux principales proprietés de la lumiere.

Premierement. Lorſqu'on regarde un objet, par exemple, le devant d'une maiſon, une partie de la lumiere qu'il refléchit de tous les côtés arrive à l'œil, & les rayons qui y entrent compoſent une pyramide & forment divers angles; ces

angles & la pyramide ont leurs bafes fur l'objet apperçu & leurs fommets dans la prunelle. Plus un objet eft éloigné, plus les angles que font les rayons vifuels font petits, la force de la lumiere diminue auffi,& elle entre dans l'œil en moindre quantité; de-là vient que les objets éloignés paroiffent moins clairs & qu'ils font moins frappans. L'Optique proprement dite traite de la lumiere directe ou de la lumiere qui parvient en ligne droite depuis les objets jufqu'à l'œil, elle confidére fes affoibliffemens, & la diminution des angles vifuels felon les différens éloignemens.

Il eft aifé de juger par ce peu de mots que l'Optique confiderée dans toute fon étendue embraffe généralement tous les arts qui ont pour but de plaire à la vûe & de la flatter. Tout objet a une certaine figure, il a une grandeur déterminée, & il eft coloré d'une ou de plufieurs couleurs. C'eft dans l'affemblage & l'affortiment de ces trois chofes qu'il faut chercher tous les agrémens & les fujets de fatisfaction que la vûe peut recevoir des chofes fenfibles. Mais voici quelque chofe de plus précis & de plus circonftancié. Perfonne n'ignore les fecours que la Sculpture & l'Architecture empruntent de l'Optique; fi un Architecte n'a eu foin de fe la rendre familiere, il rifque de tomber dans des deffauts, qui étant expofés à la vûe des connoiffeurs dévoileront fon ignorance ou fon peu d'attention à en obferver les regles. Un Sculpteur a le même intérêt qu'un Architecte. On fçait qu'une ftatue qui de près fera un bel effet perdra toute fa grace fi on s'en éloigne, parce que

les traits les plus fins qui en ſont toute la beauté étant vûs alors ſous des angles viſuels trop petits & envoyant peu de lumiere à l'œil deviennent inſenſibles, de ſorte que l'ouvrage entier ne paroît plus que comme une maſſe informe. Au contraire une autre ſtatue qui de près choque par la groſſiereté des traits paroîtra reguliere & imiter le naturel, ſi on la regarde d'une plus grande diſtance, parce que les angles viſuels diminuant & la lumiere étant moins vive tout le deſſein s'adoucit & paroît conforme aux regles de l'art. L'Aſtronomie n'a pas un moindre beſoin des regles de l'Optique pour meſurer les grandeurs & les latitudes des Aſtres, leſquelles ſont dans une variation continuelle.

La Perſpective & la Peinture ſont encore plus intimement liées avec l'Optique que l'Architecture & la Sculpture ; elles en ſont des parties & les branches naturelles : ſi les maîtres les plus fameux ont excellé dans leur art, ou s'ils ont ſçû donner à leurs ouvrages le dernier degré de perfection, c'eſt parce qu'ils ont eu aſſez d'adreſſe pour copier la Nature de point en point; une imagination vive & aiſée leur a fait concevoir leur objet juſques dans les moindres traits, & une main docile & fidelle les a exprimés & tracés ſur le tableau : or l'objet de la Perſpective c'eſt d'imiter le naturel ſi parfaitement que l'œil croie voir l'original lorſqu'il ne voit que la copie. Suppoſons qu'on veuille peindre un Homme dans une certaine attitude, chaque membre expoſé à la vûe envoyera ou refléchira vers l'œil une pyramide de

lumiere au moyen de laquelle il ſera apperçû ; & toutes ces pyramides ayant leurs baſes ſur l'objet & leurs ſommets dans la prunelle exciteront la viſion : qu'on place un tableau tranſparent, par exemple, un verre plan entre l'objet & l'œil qui le voit ; ſi chaque rayon de lumiere en le traverſant y laiſſe ſon empreinte & y peint le point d'où il part avec la couleur qui lui eſt propre dans le même degré de force & de nuance que l'œil le voit, il eſt clair que tous ces points enſemble formeront une image qui ſera parfaitement reſſemblante ; & que ſi le tableau devient tout à coup opaque, les rayons de lumiere qui en ſeront reflêchis, étant preciſement les mêmes que ceux qui viennent immédiatement de l'objet feront la même impreſſion ſur l'œil, & qu'en voyant le tableau il croira voir l'objet. Si un Peintre copie fidellement la nature, ſon pinceau ne fera ni plus ni moins que ce que l'on vient de ſuppoſer que font les rayons de lumiere que l'on appelle pinceaux optiques. Les couleurs qui ont tant de pouvoir ſur les différens goûts ſont auſſi de l'objet de l'Optique & c'eſt à elle à les aſſortir.

Lorſque la lumiere en s'étendant à la ronde rencontre des corps opaques qu'elle ne peut point pénétrer, il ſe forme à l'oppoſite du Soleil ou du luminaire qui éclaire, & derriere ces corps une ombre dont l'Optique conſidére le divers accidens de grandeur, de figure & de ſituation ſelon que le luminaire eſt plus ou moins élevé ſur l'horiſon ; ſi quelqu'un de ces corps eſt percé de part en part, la lumiere paſſe par cette ouverture, &

il ſe forme alors une trace lumineuſe au milieu de l'ombre : & parce que la révolution journaliere du Soleil autour de la Terre s'acheve toujours dans le même intervalle de tems, il s'enſuit que durant toute l'année l'ombre doit avoir aux mêmes heures une même ſituation. On s'eſt donc apperçû que ce mouvement de l'ombre pouvoit ſervir à diviſer le tems, & à faire connoître l'heure du jour. Voilà l'origine de la Gnomonique ; elle tient à l'Aſtronomie par le mouvement du Soleil, & elle fait partie de l'Optique à cauſe du mouvement de l'ombre, qui imite toujours celui du luminaire. Comme le Soleil ſe meut parallelement à l'équateur, pour avoir la ſituation de l'ombre à toutes les heures du jour, il ſuffit de diviſer ce cercle en projettant les douze cercles horaires ſur le plan du cadran; c'eſt à quoi ſe réduit ce qui regarde l'invention des lignes horaires, ainſi qu'on l'a remarqué en expliquant les premiers principes de la Gnomonique.

Après avoir fait enviſager d'une maniere générale les divers uſages de la lumiere directe en les ſoumettant aux regles de l'Optique, on va expoſer les effets de la lumiere refléchie.

En ſecond lieu. Si la lumiere tombe ſur une ſurface qu'elle ne puiſſe point pénétrer, elle eſt reflechie; ſi la ſurface refléchiſſante eſt inégale, rude & raboteuſe, la lumiere la rend viſible, & c'eſt là tout l'effet qu'elle produit par rapport à la vûe : ſi la ſurface reflechiſſante eſt unie, liſſe & polie, la lumiere refléchie la rend non-ſeulement viſible, mais elle forme encore l'apparence des

objets qui ſont en devant, & un ſpectateur voit leurs images au-delà & en-deçà d'une telle ſurface. Les ſurfaces qui ont cette proprieté ſont appellées miroirs; il peut y en avoir d'autant de ſortes que de ſurfaces, c'eſt-à-dire, une infinité: il n'y a qu'une eſpece de miroirs plans, parce que la ſurface plane n'admet aucune varieté; c'eſt le ſeul miroir qui repréſente au naturel; tous les autres défigurent plus ou moins ſelon la courbure convexe ou concave. Les plus ordinaires ſont le ſpherique, le cylindrique, le conique ou le pyramidal, l'élliptique, l'hyperbolique & le parabolique. On admire les proprietés du miroir ſpherique concave, comme de repréſenter les objets plus grands & plus petits qu'ils ne ſont naturellement, droits ou renverſés, tantôt en-deçà tantôt au-delà, de brûler les matieres combuſtibles, de fondre les métaux, de vitrifier certaines matieres, comme la brique l'ardoiſe &c. Le principal uſage du miroir plan, c'eſt de ſervir d'ornement dans une chambre & de découvrir les défauts du viſage qu'on ne ſçauroit voir autrement. A l'égard des autres miroirs, ſi on en excepte le miroir ſpherique concave qu'on employe dans divers inſtrumens Optiques, ils ſont plus curieux qu'utiles, ils peuvent plaire & recréer par la varieté des effets biſarres & ſurprenans qui en naiſſent. Depuis un certain nombre d'années on fait ſervir les miroirs parabolique & hyperbolique à éclairer durant la nuit le long d'une route, on les attache aux deux côtés du devant d'un caroſſe ou d'une chaiſe de poſte. La partie de l'Optique

qui explique les proprietés des miroirs eſt appellée Catoptrique.

En troiſiéme lieu. Si la lumiere rencontre un nouveau milieu qu'elle puiſſe pénétrer, elle y entre en ſe détournant de ſa direction. Ce détour eſt appellé *refraction*, & la partie de l'Optique qui en traite, & qui en conſidére les proprietés s'appelle la Dioptrique. La refraction varie beaucoup ſelon la denſité des milieux, & eu égard à la courbure des ſurfaces refractives qui les terminent; dans ce Traité on a ſuppoſé qu'elles ſont planes ou ſpheriques, & que la lumiere les pénétre en paſſant de l'air dans le verre ou dans l'eau, ou bien qu'après avoir traverſé ces deux milieux elle rentre dans l'air; ce qui ſuffit pour entendre les phénomenes les plus ordinaires de la refraction.

Ceux qui ont cultivé la Dioptrique dans le deſſein de la perfectionner, s'appercevant que la figure ſpherique que l'on donne aux verres des lunettes, comme étant la plus aiſée à tailler ne refracte néanmoins la lumiere qu'imparfaitement, ont cherché les moyens de remedier à ce défaut. M. Decartes en particulier, animé du deſir de procurer à la vûe les ſecours dont elle a beſoin, s'eſt appliqué à trouver la courbure qu'il faut que cette ſorte de verres ait pour raſſembler par la refraction en un même point les rayons qui partent d'un autre point ou qui ſont paralleles: les figures courbes qu'il a trouvées ont, il eſt vrai, cette proprieté par rapport aux rayons qui viennent d'un point radiant ſitué ſur l'axe ou qui ſont paralleles au même axe; mais à l'égard des rayons qui di-

vergent d'autres points, ou qui étant paralleles ſont inclinées à l'axe, elles les plient ou les réuniſſent moins bien que la figure ſpherique; d'ailleurs il eſt extrémement difficile de tracer ces courbes : de ſorte que les recherches de M. Deſcartes touchant la courbure qu'il faut donner aux verres des lunettes ont plus enrichi la théorie de la Dioptrique, qu'elles n'ont contribué à perfectionner cette ſcience dans la pratique : ainſi on continue de faire ſervir les verres ſpheriques & on en compoſe les inſtrumens de Dioptrique. On peut ranger ces inſtrumens en deux claſſes; les uns ſont pour les objets que l'on perd de vûe, ou que l'on n'apperçoit que confuſement à cauſe du trop grand éloignement, on les nomme teleſcopes, lunettes de longue vûe, lunettes d'approche : les autres ſont nommés microſcopes, ils font voir diſtinctement les objets qui échapperoient à la vûe à cauſe de leur extréme petiteſſe : Il ſeroit trop long de faire ici l'hiſtoire des merveilles que les Phyſiciens ont découvertes avec cet inſtrument, chacun peut s'en aſſurer par ſoi-même en obſervant avec un bon microſcope. On ſe ſert des lunettes d'approche ſur terre & ſur mer pour obſerver les objets fort éloignés ; les Aſtronomes les dirigent auſſi vers les Aſtres afin de les mieux diſtinguer, & de rendre leurs obſervations plus nettes & plus préciſes. Avec leur ſecours ils ont découvert pluſieurs nouveautés dans le Ciel, auxquelles on n'auroit point penſé & qui ont beaucoup illuſtré l'Aſtronomie.

On ſçait que la Dioptrique eſt toute fondée ſur

ce que les ſinus des angles d'inclinaiſon ou des angles que les rayons incidens font avec les perpendiculaires d'incidence ſont proportionnels aux ſinus des angles de refraction, enſorte que le ſinus d'un angle d'inclinaiſon, quel qu'il ſoit, grand ou petit, eſt au ſinus de l'angle de refraction qui lui répond dans un rapport conſtant. De-là vient que les rayons incidens paralleles à l'axe d'un verre ſpherique ou qui partent d'un point du même axe concourent après la refraction ſur différens points de l'axe : ainſi la lumiere refractée ou le foyer de ces rayons rompus occupe une certaine étendue ſur l'axe ; or dans cet eſpace il y a un point où la lumiere ramaſſée eſt plus abondante qu'en tout autre endroit, c'eſt ce point que l'on regarde comme le vrai foyer, & ce ſont les rayons les plus proches de l'axe qui y concourent après la refraction : ainſi pour déterminer le foyer des rayons rompus, il faut conſiderer les rayons incidens les plus proches de l'axe. Ces rayons font avec les perpendiculaires d'incidence des angles ſi petits, qu'on peut les regarder comme infiniment petits : or dans cette hypothéſe ils ſont dans le même rapport que leurs ſinus, ou ce qui eſt la même choſe, les ſinus ſe confondent avec les arcs qui meſurent ces angles, & avec les tangentes & les cordes des mêmes arcs ; c'eſt pourquoi on peut prendre ces quantités indifferemment les unes pour les autres.

Ce principe qui eſt non-ſeulement reçû en Optique, mais encore dans la Géometrie ſublime, où l'on ſe propoſe d'atteindre à l'exactitude

la plus ſcrupuleuſe, répand un grand jour ſur tout ce qu'il y à dire du paſſage de la lumiere à travers les verres ſpheriques, & abrege conſidérablement la démonſtration. Cette raiſon, & le deſſein de faciliter la connoiſſance des principaux phénomenes de la lumiere dans la refraction, à ceux qui ne veulent point faire une étude fonciere de la Dioptrique, m'ont déterminé à en faire uſage dans ce Traité, & à ſubſtituer, lorſqu'il s'agit du paſſage de la lumiere à travers les verres ſpheriques, le rapport des angles ou des arcs qui les meſurent au rapport conſtant des ſinus. Cela n'empêche point que dans les cas où les angles étant trop grands, ce principe s'écarteroit évidemment de la verité, on n'aye raiſonné de la refraction ſur le rapport des ſinus: ainſi on a tâché de concilier l'exactitude avec la facilité & la brieveté. On a touché ces raiſons dans le cours de ce traité, l'importance du ſujet peut bien ſouffrir qu'on y revienne pour en faire ſentir toute la force.

En quatrieme lieu. Lorſque la lumiere traverſe un nouveau milieu, la réfraction la réſout quelque fois en diverſes couleurs; on en voit des exemples bien ſenſibles dans le priſme & dans l'Arc-en-Ciel, car la lumiere telle qu'elle vient du Soleil eſt blanche, cependant à la ſortie du priſme & des gouttes d'eau elle paroît de pluſieurs couleurs. La plûpart des Phyſiciens attribuoient autre fois cette varieté des couleurs aux nouvelles modifications que la lumiere acquiert en ſe refractant. M. Newton voulant éclair-

cir ce point de Physique a fait dans cette vûe un grand nombre d'expériences, qui seront un monument toujours subsistant de son zéle à perfectionner l'Optique; le soin qu'il a eu de les multiplier, de les réiterer, d'en observer jusqu'aux moindres particularités, est une preuve qu'il n'a rien oublié de ce qui le pouvoit conduire à la découverte pour laquelle il travailloit. Après bien de tentatives, il s'est enfin convaincu que la lumiere blanche du Soleil est composée d'un certain nombre de couleurs primitives & inaltérables, ensorte que les rayons qui la composent les ont d'origine & ne les perdent point ni par la refraction ni par la reflexion: la refraction contribue bien à demêler les couleurs en les séparant les unes des autres, mais elle ne sçauroit les détruire en les changeant les unes dans les autres: ainsi quoique les couleurs primitives étant melées ensemble composent le blanc, cependant elles sont immuables & indestructibles en elles-mêmes. M. Newton a encore trouvé que les couleurs primitives sont differemment réfrangibles, d'où il conclut que dans la réfraction aucune figure, qu'elle qu'en soit la courbure, ne peut point réunir parfaitement en un point les rayons qui viennent d'un autre point ou qui sont paralleles entr'eux; c'est pourquoi les telescopes qui sont composés de verres seront toujours imparfaits. C'est là une des raisons qui empêchent que les verres dont M. Descartes propose dans sa Dioptrique de se servir, n'ayent l'effet qu'il en attendoit.

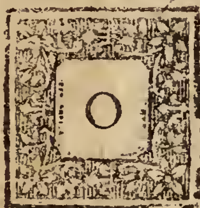
Après avoir considéré les quatre principales proprietés de la lumiere dont on vient de parler, on a terminé ce Traité par exposer ce qu'en ont pensé les plus celebres Physiciens en les examinant du côté de la Physique. De peur d'affoiblir ou d'alterer leurs sentimens on les a rapportés avec les propres expressions des Auteurs; ainsi ils parleront eux-mêmes; ce sera au lecteur à juger de la force & de la solidité de leurs raisonnemens.






# LE MOUVEMENT DE LA LUMIERE, OU PREMIERS PRINCIPES D'OPTIQUE.

*La Lumiere directe, ou l'Optique proprement dite.*

I. 1. N convient assez généralement aujourd'hui que la lumiere n'est point une simple qualité répandue sur les objets, mais une véritable matiere, un fluide qui s'étend à la ronde au tour des corps lumineux. En effet, la lumiere a la propriété des corps ; elle se condense & se dilate, on en arrête le cours, & on le détourne vers un autre côté, on l'augmente & on la diminue, on la divise en diverses parties, & on en prend une partie plus ou moins grande à volonté, elle pénétre les corps & s'insinue dans leurs pores, elle les échauffe, les met en combustion & les fond ; or toutes ces propriétés ne conviennent qu'à un fluide extrêmement agité.

2. Par corps lumineux on n'entend pas seulement ceux qui sont un principe de lumiere ou qui éclairent par une lumiere propre, naturelle & fonciere, comme le Soleil, les étoiles, un flambeau ; mais encore ceux qui éclairent

par une lumiere empruntée, comme les Planetes, & généralement tous les corps qui envoyent de la lumiere à l'œil.

3. Le point optique est une portion du corps lumineux laquelle n'envoye de la lumiere qu'autant qu'il en faut pour être sensible à la vûe & se faire appercevoir distinctement; par exemple, les étoiles de la sixiéme grandeur peuvent être considérées à cause de leur petitesse apparente, comme autant de points lumineux, parce qu'elles envoyent assez de lumiere pour qu'on les discerne les unes des autres, sans que la vûe y distingue différentes parties. Le point optique peut donc avoir une grande & vaste étendue, mais elle n'est point apperçue; ainsi des corps prodigieusement gros, comme les étoiles, seront autant de points optiques, si dans leur éloignement la vûe n'y distingue aucunes parties.

4. Un corps lumineux est environné de lumiere comme la terre est environnée d'air, & il est pour ainsi dire dans un centre d'où il la lance de tous les côtés, puisqu'il n'y a aucun endroit à la ronde d'où il ne puisse être apperçu. Le feu perd de sa chaleur à mesure qu'on se tient plus éloigné du foyer, de même la lumiere perd de sa force & de sa vivacité, si on la reçoit à des plus grandes distances du luminaire. Si dans son cours elle rencontre des corps ou des milieux qui lui ferment le passage, elle en éclaire la face antérieure, sur laquelle elle tombe; mais la face postérieure, qui est à l'opposite, demeure dans l'obscurité; si l'obscurité est totale sans aucun mêlange de lumiere, elle prend le nom de ténébres; si elle résulte d'un mêlange de ténébres & de la lumiere, elle est appellée ombre. Les ténébres sont la privation de toute lumiere; l'ombre est une lumiere extrêmement affoiblie, & elle est plus ou moins foncée selon qu'elle a plus d'analogie aux ténébres, ou qu'elle participe davantage à la lumiere. Si les corps que la lumiere trouve sur son passage sont percés de part en part, elle passe au travers, & elle forme des traces lumineuses sur le plan qui

leur sert de base ; ces traces sont environnées de l'ombre qui regne autour de l'ouverture, & qui se forme derriere la face éclairée ; ainsi lorsque la lumiere du Soleil passe à travers une fenêtre, elle peint sur le plancher une figure lumineuse au milieu de l'ombre qui occupe la capacité de la chambre. Ces figures de lumiere & d'ombre varient considérablement, selon la figure propre & la grosseur des corps opaques comparées à celles du luminaire qui les éclaire, & par rapport à la situation dans laquelle ils se trouvent à son égard : si le luminaire change de place, elles en changent de même ; si le luminaire se meut diversement, elles affectent des mouvemens tous semblables mais en sens contraires ; donc si le luminaire va de la droite vers la gauche, elles seront mues de la gauche vers la droite, comme l'ombre de l'aiguille d'un cadran solaire ; si le luminaire s'approche des corps opaques, les figures de lumiere & d'ombre s'en éloigneront, pour ainsi dire, en s'allongeant vers le côté opposé ; si le luminaire s'éloigne, elles se raccourciront ou se rapprocheront ; si le luminaire est mû d'un mouvement régulier, en sorte qu'on puisse prédire pour quelque tems que ce soit la situation qu'il doit avoir à l'égard des corps opaques, les figures de lumiere & d'ombre qui se forment derriere seront aussi mues avec une sorte de régularité, & l'on pourra trouver de même leur position pour un tems donné à volonté. En un mot, pour avoir cette position, il faut toujours regarder derriere les corps opaques, à l'opposite du luminaire.

5. De tout tems on a employé le cours du Soleil pour mesurer le tems civil, & l'on a appellé *jour complet* le tems pendant lequel il fait une révolution au méridien ; il est composé de deux parties, sçavoir, du tems durant lequel il éclaire au-dessus de l'horison ; on l'appelle aussi *jour* par opposition à la nuit qui lui succede, & qui est l'autre partie du jour complet ; durant ce tems le Soleil est couché, c'est-à-dire, au-dessous de l'horison. L'on a appellé *année* le tems d'une révolution dans l'écliptique,

à compter du premier degré du Capricorne ou du Solstice d'hiver, jusqu'à son retour au même point, suivant l'ordre des signes ; ce tems est d'environ 365 jours.

6. On s'apperçut aussi que le Soleil tournant au tour de la terre, les ombres tournoient au tour des corps avec une sorte de régularité ; on conçut dès lors le dessein de faire servir leur mouvement à diviser d'une maniere sensible le tems durant lequel cet astre est sur l'horison. On appella gnomons les corps oblongs qui étant implantés sur une surface devoient servir par leur ombre à cet usage ; & gnomonique l'art ou la science qui donne les régles de trouver ces divisions sur les mêmes faces. Si le Soleil laissoit dans le ciel une trace de son mouvement qui pût tomber sous les sens, la division qu'on en feroit par la pensée, ou avec le secours d'un instrument, donneroit l'heure du jour ; le mouvement de l'ombre supplée à ce défaut, la fait connoître avec autant d'exactitude & avec plus de commodité ou d'aisance.

7. Il est naturel qu'ayant à parler du mouvement de l'ombre que les corps jettent derriere eux en la présence du Soleil, on en fasse voir un des principaux usages en développant les premiers principes de la gnomonique. On réduit ce qu'il y a à dire de la lumiere directe à sa gradation, aux diverses figures d'ombres qui se forment derriere les corps qu'elle rencontre, au mouvement qu'elles empruntent d'un luminaire qui a un cours régulier, comme le Soleil ou la Lune, & aux effets qu'elle produit en tant qu'elle agit sur l'organe de la vûe.

## *La gradation de la lumiere.*

8. La lumiere qui part d'un point du corps lumineux va en s'écartant comme les côtés d'un angle, par conséquent ce point est le sommet d'un cone ou pyramide de lumiere, dont la longueur est indéterminée, si rien ne s'oppose au passage. On peut considérer ce cone comme composé d'une multitude indéfinie de filets qu'on appelle *rayons*, & qui font entr'eux divers angles plus ou

moins grands ; ces filets ou rayons ſont indiviſibles ſuivant leur largeur, c'eſt-à-dire, qu'ils ne peuvent point être diviſés en d'autres rayons plus minces & de même longueur ; cependant il eſt aſſez ordinaire d'appeller rayon lumineux tout trait de lumiere qui a aſſez de force pour ſe faire ſentir, & qui eſt par conſéquent diviſible en d'autres rayons plus minces ; pour les diſtinguer les uns des autres, on appelle rayons ſolides ceux qui ſont compoſés, & ceux qui les compoſent ſont nommés ſimplement rayons ou rayons linéaires.

9. Les rayons qui viennent d'un point ſenſible du Soleil à la terre ſont cenſés paralleles, parce que le diamétre de la terre comparé à la diſtance immenſe qu'il y a juſqu'au Soleil, eſt comme un point, & que d'ailleurs le point lumineux dont on ſuppoſe que ces rayons partent, a un diamétre ou une largeur égale au diamétre de la terre, ſuivant la définition qu'on a donnée du point optique. Si dans un cone de lumiere qui a ſon ſommet à un point ſenſible de la ſurface du Soleil, on ne conſidere que les rayons qui parviennent à la terre, il ſemble d'abord qu'ils auront la même force à quelque diſtance du corps lumineux qu'on les reçoive, car ce ſera un torrent de lumiere qui étant reſſerré entre les mêmes paralleles dans toute ſa longueur, aura par-tout la même force ; mais parce que ce point ſenſible eſt réellement le ſommet d'une infinité de cones, puiſqu'il peut avoir autant d'étendue que la ſurface de la terre, & que d'ailleurs la lumiere dans chaque cone perd de ſa force à meſure que la largeur du courant augmente ; il s'enſuit que ſi on reçoit la lumiere d'un même cone à différentes diſtances du corps lumineux, elle aura des forces inégales, plus grandes, plus on la recevra près de la ſource ou de ſon origine, & moindres de plus en plus à meſure qu'on s'en éloignera d'avantage.

10. On peut faire deux hypotheſes touchant la propagation de la lumiere ; 1°. on peut ſuppoſer qu'elle vient immédiatement du corps lumineux qui en darde

tous les inſtans une égale quantité dans chaque cone, laquelle ſemblable à un pareil volume d'une couleur qu'on étendroit ſur des cercles de différentes grandeurs, ſe raréfie à meſure qu'elle s'éloigne du ſommet & que le cone s'élargit. Suivant cette hypotheſe, toutes les ſections d'un cone perpendiculaires à l'axe, grandes & petites recevront la même quantité de lumiere, ſçavoir autant qu'il en entre dans le cone à chaque inſtant; donc ſa force s'affoiblira d'autant plus que la ſection circulaire ſera plus grande. Si la ſection eſt une fois, quatre fois, cent fois plus grande, ſa force ſera une fois, quatre fois, cent fois moindre, puiſqu'en même quantité elle occupera un eſpace deux fois, quatre fois, cent fois plus grand; donc les forces de la lumiere ſeront entr'elles réciproquement comme les mêmes ſections, ou réciproquement comme les quarrés de leurs diamétres: ( 13 *Géom.* ) or les diamétres de ces ſections qui ſont autant de baſes du cone, ſont comme les diſtances juſqu'au ſommet, car les baſes d'un même angle ſont comme les côtés ou comme les diſtances au ſommet, & les quarrés des diamétres comme les quarrés des mêmes diſtances; donc les forces de la lumiere affoiblie ſont réciproquement comme les quarrés des diſtances qu'il y a de l'endroit où elle eſt arrivée juſqu'au corps lumineux qui la darde.

11. 2°. On peut ſuppoſer que la matiere de la lumiere eſt toute hors du corps lumineux, & qu'elle remplit les eſpaces qui ſont autour, de même que l'air environne les corps ſonores; & comme un corps ſonore produit le ſon en ébranlant l'air par le frémiſſement de ſes parties, ainſi le corps lumineux preſſe par des coups vifs & réitérés la matiere propre de la lumiere & lui communique un mouvement de vibration; ce mouvement de vibration en quoi conſiſte la force de la lumiere s'affoiblit étant tranſmis de proche en proche à des couches d'une plus grande circonférence, & la force ainſi diſtribuée à un plus grand nombre de parties, eſt d'autant moindre qu'une couche eſt plus grande; ſi la couche eſt deux fois

quatre fois plus grande, il y aura deux fois, quatre fois plus de parties qui participeront au mouvement de vibration ; donc l'ébranlement de chaque partie sera deux fois, quatre fois moindre, donc les vibrations de pression seront entr'elles réciproquement comme les couches auxquelles elles sont transmises : or ces couches étant supposées sphériques, & s'enveloppant les unes les autres sont entr'elles comme les quarrés de leurs diamétres, car ce sont autant de figures semblables, & il en faut raisonner comme des aires des cercles ; donc les vibrations de pression ou les forces de la lumiere propagée seront réciproquement comme les mêmes quarrés, ou réciproquement comme les quarrés des distances des mêmes couches au corps lumineux. Le rapport des forces de la lumiere affoiblie par la seule divergence de ses rayons, & en tant qu'elle s'éloigne du corps lumineux, est donc le même dans les deux hypotheses qu'on vient de proposer.

12. Mais on peut prouver sans recourir à aucune hypothese que les forces d'une même lumiere affoiblie par la seule divergence des rayons, sont réciproquement comme les quarrés des distances au corps lumineux. Supposons avec Mr. Bouguer, dans son essai d'Optique, qu'après qu'on a reçu la lumiere d'un flambeau à une certaine distance sur une surface, on la reçoive ensuite à une distance trois fois plus grande, la divergence des rayons extrêmes ou des côtés du cone de lumiere fera qu'à une distance triple l'écartement ou l'intervalle des mêmes rayons extrêmes sera trois fois plus grand, donc la surface qui servira de base au cone, & sur laquelle on recevra la lumiere, aura trois fois plus de hauteur & trois fois plus de largeur, elle sera donc neuf fois plus grande ; donc si on imagine que la lumiere reçue à une distance trois fois moindre est transportée sur cette surface, elle occupera un espace neuf fois plus grand ; par conséquent sa force sera neuf fois moindre, donc les forces d'une lumiere affoiblie par la seule divergence des rayons, seront réciproquement comme les quarrés des distances au corps lumineux.

13. *Coroll.* L'Aſtronomie nous apprend que la diſtance de la terre au Soleil eſt environ dix fois moindre que celle de Saturne, cinq fois moindre que celle de Jupiter, une fois & demi moindre que celle de Mars; mais que cette diſtance eſt à celle de Venus comme 4 à 3, & à celle de Mercure comme 3 à 1; donc la force de la lumiere du Soleil à la diſtance où eſt la terre eſt cent fois plus grande que là où eſt Saturne, vingt-cinq fois plus grande qu'à la diſtance de Jupiter, & deux fois & un quart ou environ plus grande qu'à la diſtance de Mars, mais elle eſt plus foible à la terre que dans Venus dans le rapport de 9 à 16; & elle n'eſt que la neuviéme partie de la force qu'elle doit avoir dans Mercure.

14. 2°. On peut déterminer les forces de la lumiere du Soleil ſelon les différentes hauteurs ou élévations qu'il a au-deſſus de l'horizon. Ces forces ſeront entr'elles comme les quarrés des ſinus des angles d'élévation, en ſuppoſant que les rayons qui viennent d'un même point du Soleil à la terre ſont paralleles, car la lumiere que chaque point du Soleil envoyera à la terre ſera comme un courant qui choquera obliquement l'horizon conſidéré comme une ſurface plane; donc la quantité des rayons incidens ſera meſurée par le ſinus de l'angle d'incidence, lequel eſt le même que l'angle de la hauteur du Soleil. 2°. Parce que chaque rayon choquera obliquement, la force du choc ou la force de chaque rayon pour ébranler ou échauffer, ſera exprimée de même par le ſinus de l'angle d'incidence, qui ne différe point de l'angle de la hauteur du Soleil, donc multipliant la force de chaque rayon, exprimée par le ſinus de l'angle d'incidence, par leur nombre ou leur multitude, exprimée de même par le ſinus d'incidence, la force ou l'impreſſion totale qui réſultera de l'incidence de chaque courant, ſera exprimée par le quarré du ſinus de l'angle d'élévation; donc la force de tous les courans enſemble ou de toute la lumiere que le Soleil envoye à la terre, eſt exprimée par le quarré du ſinus de l'angle de la hauteur du Soleil.

15. On peut déduire de là la raiſon pourquoi le Soleil eſt moins chaud en hyver qu'en été. 1°. En hyver le Soleil envoye moins de rayons à la terre qu'en été, à cauſe qu'il eſt moins élevé au-deſſus de l'horizon. 2°. Chaque rayon a moins de force pour ébranler ou pour échauffer, parce qu'il rencontre plus obliquement la ſurface de la terre. 3°. Les jours d'hyver ſont plus courts; donc l'action du Soleil eſt moins durable & moins perſévérante, & ſon effet eſt moindre.

16. Si deux lumieres éclairent également de deux diſtances inégales, leurs forces ſont comme les quarrés des diſtances. Suppoſons que la lumiere ou la clarté d'un flambeau reçue à vingt pas éclaire autant que la lumiere d'une chandelle reçue à dix pas, la force du flambeau ſera à celle de la chandelle comme le quarré de vingt au quarré de dix, c'eſt-à-dire, comme 400 à 100, ou comme 4 à 1; car ſi la lumiere du flambeau étoit reçue à dix pas de diſtance, c'eſt-à-dire à une diſtance deux fois moindre, elle auroit une force quatre fois plus grande qu'étant reçue à vingt pas ou à une diſtance double, puiſque les forces d'une même lumiere ſont réciproquement comme les quarrés des diſtances au luminaire: or la lumiere du flambeau à vingt pas eſt ſuppoſée égale à celle de la chandelle à dix pas, donc la lumiere du flambeau à dix pas eſt quadruple de la lumiere de la chandelle reçue pareillement à dix pas. Il ſuit de là que ſi on veut qu'une lumiere étant reçue à différentes diſtances, garde toujous la même force, ou qu'elle éclaire également, il faudra augmenter la force du luminaire, non-ſeulement comme les diſtances, mais comme les quarrés; ſi on veut, par exemple, qu'une lumiere éclaire également à une diſtance double, triple, quadruple, il faudra augmenter le luminaire dans la raiſon de 1 à 4 à 9 à 16, il faudra donc qu'il ſoit quatre fois, neuf fois, ſeize fois plus grand.

17. Si on place deux flambeaux égaux à une certaine diſtance l'un de l'autre, par exemple à dix pas, la moindre clarté ſera au milieu de l'intervalle qui les ſépare,

c'eſt-à-dire, à la diſtance de 5 pieds de l'un & de l'autre. Suppoſons qu'on reçoit la lumiere de chacun à cette diſtance, ſi on la multiplie par le quarré 25, & qu'on diviſe le produit par le quarré de toute autre diſtance, on aura la force de la lumiere reçue à cette autre diſtance, puiſque les forces d'une même lumiere reçue à diverſes diſtances ſont réciproquement comme les quarrés des mêmes diſtances. Nommant 1 la lumiere d'un flambeau reçue à la diſtance de 5 pieds, $1 \times 25$ ou 25 ſera le produit dont il s'agit. Cela poſé, ſi on reçoit la lumiere à un pas de diſtance d'un flambeau, l'autre diſtance ſera de 9 pas, & l'on aura ces proportions $1 \times 1 . 5 \times 5 :: 1 . \frac{25}{1}$ & $9 \times 9 . 5 \times 5 :: 1 . \frac{25 \times 1}{81}$ diviſant donc 25 par 1 quarré de la diſtance 1 & par 81 quarré de la diſtance 9, la ſomme $\frac{25}{1} + \frac{25}{81}$ ſera la ſomme des deux lumieres reçues aux diſtances inégales de 1 pas & de 9 pas. Qu'on reçoive la lumiere à la diſtance de 2 pas d'un flambeau, l'autre diſtance ſera de 8 pas, & leurs quarrés ſeront 4 & 64; diviſant 25 par ces deux quarrés, la ſomme des quotiens $\frac{25}{4} + \frac{25}{64}$ ſera la ſomme des lumieres reçues à la diſtance de 2 & de 8 pas; on trouvera de même que la lumiere reçue à la diſtance de 3 & de 7 pas; de 4 & de 6 pas eſt $\frac{25}{9} + \frac{25}{49}$, & $\frac{25}{16} + \frac{25}{36}$ : or chacune de ces ſommes eſt plus grande que la ſomme $1 + 1$ des lumieres reçues l'une & l'autre à la diſtance de 5 pas. La lumiere augmente donc à meſure qu'en s'éloignant du milieu de l'intervalle qui eſt entre les deux flambeaux, on s'approche de l'un ou de l'autre.

18. M. Bouguer célébre Académicien a fait diverſes expériences ſur la diminution ou l'affoibliſſement de la lumiere lorſqu'elle traverſe des milieux de différentes denſités, comme l'air, l'eau, le verre, dont il a déduit pluſieurs belles propoſitions touchant la tranſparence des corps, & la force de la lumiere des aſtres, entr'autres celle-ci qui a un rapport direct & immédiat au ſujet préſent, ſçavoir que la lumiere du Soleil nous éclaire envi-

ron 300000 fois davantage que la pleine Lune ; mais nous sommes 400 fois plus éloignés du Soleil que de la Lune ; donc si le Soleil étoit à la même distance que la Lune, il nous éclaireroit encore 160000 fois davantage, ainsi la lumiere du Soleil seroit 48000000000 fois plus forte que celle de la Lune à la même distance.

### *De l'Ombre.*

19. Pour concevoir comment l'ombre se forme, il faut imaginer dans le corps éclairé un plan qui distingue le côté éclairé de celui qui ne l'est point, il passera par les confins de l'ombre & de la lumiere ; & supposer que de tous les points du bord visible du luminaire partent des rayons qui vont aboutir aux confins de la lumiere & de l'ombre ; les prolongemens de ces rayons étant conçus comme des simples lignes, formeront derriere le corps opaque une figure solide ou de trois dimensions, laquelle seroit destituée de toute lumiere, si les corps environnans n'y en envoyoient une certaine quantité par la réflexion ; cette figure privée de la lumiere directe du luminaire, & éclairée seulement de la lumiere réfléchie des corps environnans, constitue l'ombre des corps. Si les corps qui font ombre sont percés de quelque ouverture, la lumiere y passera & en prendra la figure. On va déduire de ce principe quelques conséquences qui ont leur usage dans l'Astronomie, la Gnomonique & la Géométrie pratique.

20. Supposons en premier lieu que le luminaire & les corps éclairés sont sphériques, l'ombre sera conique ou cylindrique ; conique, si les deux corps sont inégaux, cylindrique, si les deux globes sont égaux. Que la ligne AB (*Fig.* 1. 2. 3.) répréſente le plan qui distingue la face visible du luminaire de celle qui est cachée ou derriere par rapport au corps éclairé, & CD le plan qui distingue le côté éclairé de celui qui est dans l'ombre, les sections seront des cercles, puisque les corps sont sphériques ; par les points AC, BD soient tirées les lignes ACE, BDE,

les portions AC, BD sont les rayons qui partent des points du bord visible du luminaire, & qui se terminent aux confins CD de l'ombre & de la lumiere, & dont les prolongemens CE DE forment derriere le globe éclairé la figure de l'ombre. ( On ne peut tirer que deux rayons, parce que la figure qu'on a tracée représente la face antérieure & postérieure de chaque corps, il faut que l'imagination supplée les autres que l'on suppose partir de tout autour de la section circulaire AB, & qui vont aboutir autour de la section circulaire CD ; il en est de même de leurs prolongemens qui doivent former avec les prolongemens CE DE la figure de l'ombre.) Cela posé, 1°. si les deux globes sont égaux, les tangentes ACBD (*Fig.* 1.) ou les rayons de lumiere qu'elles représentent seront paralleles, car AB & CD sont paralleles & égales; donc AC & BD sont aussi paralleles & égales, donc les prolongemens CE DE seront aussi paralleles; donc la figure qu'ils formeront autour de la section circulaire CD derriere le corps éclairé sera cylindrique. 2°. Si les deux globes sont inégaux, les paralleles AB CD (*Fig.* 2. 3.) seront inégales; donc les rayons AC, BD qui partent de leurs extrémités ne peuvent être paralleles, donc étant prolongés ils concourront ou derriere le corps lumineux ou derriere le corps éclairé : si le globe éclairé est plus grand (*Fig.* 3.) le concours se fera derriere le corps lumineux, & pour lors les prolongemens CE DE iront en s'écartant, & l'ombre aura la figure d'un cone tronqué, dont la petite base est sur la section CD qui distingue la face éclairée de celle qui est dans l'ombre : le concours des rayons prolongés se fera derriere le globe éclairé (*Fig.* 2.) s'il est plus petit; & pour lors les prolongemens CE DE iront en s'approchant jusqu'à ce qu'ils se rencontrent en un point E, & la figure qu'ils formeront sera un cone entier, dont la pointe sera en E, & la base sur la section CD. Il est clair que si l'ombre est cylindrique, ou si elle a la figure d'un cone tronqué, elle ne sera point terminée suivant sa longueur; mais si elle a la figure d'un cone

entier, elle sera terminée en tout sens par la lumiere qui regne autour. La figure de l'ombre ne sçauroit être un cone entier si le corps lumineux n'est plus grand que le corps éclairé. Or l'Astronomie démontre que les planetes reçoivent leur lumiere du Soleil comme la terre, & on observe que les ombres qu'elles jettent à l'opposite ont la figure d'un cone entier, par conséquent le Soleil est plus grand que les planetes & que la terre.

21. Si le corps lumineux est égal au corps sphérique éclairé, les paralleles AB CD égales seront des diamétres ou des grands cercles qui diviseront les surfaces sphériques en deux parties égales, par conséquent le globe éclairé aura la moitié de sa surface dans la lumiere & l'autre moitié dans l'ombre. Si les deux globes sont inégaux, les sections AB CD ne passeront point par le centre, donc ce seront des petits cercles qui diviseront les surfaces sphériques en deux parties inégales; si le globe éclairé est plus grand, la moindre partie de sa surface sera dans la lumiere & la grande dans l'ombre; ce sera le contraire s'il est plus petit que le corps lumineux. Puisque les planetes sont moindres que le Soleil, il s'en suit que la face éclairée est plus grande que la face obscure.

### *De la figure d'un trait de lumiere qui passe par un trou.*

22. Si la lumiere du Soleil passe par un trou C (*Fig.* 4.) assez petit pour qu'on puisse le regarder comme un point, il se formera deux cones semblables qui auront leur sommet commun au point C, car les rayons AC BC qui viennent des points extrêmes de la section AB se croisent nécessairement en passant par le point C, & forment l'angle ACB égal à l'angle opposé DCE, les rayons qui viennent des autres points de la circonférence de la section AB se croisent de même au point C, & font des angles égaux aux angles ACB DCE, puisque tous les angles dont les côtés s'étendent jusqu'au Soleil ont pour bases des lignes égales à AB, par conséquent les rayons qui

viennent des points de la circonférence de la ſection AB forment deux ſurfaces coniques ſous un même angle ou ſous des angles égaux, donc elles ſont ſemblables.

23. Si la lumiere du Soleil paſſe par une ouverture circulaire FG (*Fig.* 5.) d'une grandeur déterminée & meſurable, il ſe formera deux cones de lumiere tronqués & ſemblables, ou qui étant entiers auroient un même angle au ſommet. Pour démontrer cette propoſition on ſuppoſera que les rayons qui viennent à la terre d'un même point du Soleil ſont paralleles, eu égard au grand éloignement & à la petiteſſe de l'eſpace qu'ils occupent en paſſant par l'ouverture FG; ainſi le rayon NGP parallele au rayon AFE étant prolongé juſqu'à la diſtance où eſt le Soleil, viendroit du point A, & le rayon MFP viendroit du point B. De tous les rayons qui partent du point A & qui paſſent par l'ouverture FG, ne conſidérons que le rayon AFE qui rencontre le point extrême F; de même ne conſidérons que le rayon BGD qui paſſe par l'autre extrémité G de l'ouverture FG; il eſt certain que ces rayons ſe croiſeront au point de rencontre C, & qu'ils formeront un angle ACB qui aura pour baſe le diamétre de la ſection AB; les autres rayons qui partent des autres points de la circonférence de la ſection AB, & qui paſſent par la circonférence de l'ouverture FG ſe couperont auſſi en C, & ceux qui auront entr'eux une ſituation ſemblable à celle des rayons AFE BGD, feront auſſi entr'eux des angles égaux à l'angle ACB; donc tous ces rayons enſemble formeront la ſurface d'un cone qui aura ſon ſommet au point C & ſa baſe ſur la ſection AB. De même entre tous les rayons qui viennent du point A, & qui paſſent par l'ouverture FG, ne conſidérons que le rayon NGP qui paſſe par le point G diamétralement oppoſé au point F; & de tous les rayons qui viennent du point B, ne faiſons attention qu'au rayon MFP qui paſſe par le point F oppoſé au point G; il eſt viſible que ces rayons paſſant par des points oppoſés à ceux que les rayons AFE BGD rencontrent, iront en divergeant après avoir

passé par l'ouverture FG, & que leur point de concours sera au-dessus en P, c'est-à-dire avant qu'ils y arrivent ; les autres rayons qui venant des autres points de la circonférence de la section AB, passeront deux à deux par les points opposés de l'ouverture FG & qui seront situés entr'eux semblablement aux rayons NGP MFP, se couperont aussi au point P, & feront entr'eux des angles égaux à l'angle MPN, donc ils formeront une autre surface conique qui aura son sommet au point P, & sa base au-dessus de l'ouverture FG : or cette surface conique est semblable à la précédente, car l'angle GPF est égal à l'angle GCF, puisque le quadrilatere GPFC est un parallelogramme, les côtés opposés étant paralleles ; donc les angles opposés PC sont égaux, par conséquent les deux surfaces coniques sont semblables ; mais parce que les sommets C & P de ces surfaces sont dans la lumiere AFMNGB, il ne restera que les cones tronqués AFGB MFGN qui seront aussi semblables, ou des portions de cones semblables.

*Des lignes courbes que décrit un rayon de lumiere qui venant du centre du Soleil rencontre un plan pendant que cet astre se meut au tour de la terre par son mouvement diurne.*

24. On sçait que le Soleil en décrivant par son mouvement annuel l'écliptique en 365 jours ou environ, fait en même tems un égal nombre de révolutions autour de la terre, dans lesquelles il décrit chaque jour un parallele à l'équateur. Supposons que AGB (*Fig. 6.*) représente un de ces paralleles, & durant ce mouvement ne considérons qu'un des rayons qui partent du centre de l'astre. En C est une petite ouverture circulaire par où doit passer le rayon dont nous avons besoin, & qui est représenté par les lignes BCE ACD, lorsque le centre du Soleil est aux points B A de la circonférence du parallele qu'il décrit : si des autres points de la circonférence du parallele AGB on tire par la pensée autant d'autres li-

gnes qui paſſent par le point C, elles donneront la ſituation du rayon de lumiere qui part du centre du Soleil, & qui paſſe par la petite ouverture C lorſque ce centre ſe trouve dans ces mêmes points. Or il eſt viſible que ces rayons environnent le parallele AGB, par conſéquent ils forment tous enſemble une ſurface conique qui a ſa baſe ſur le parallele AGB, & le ſommet à l'ouverture C; il eſt pareillement viſible que ces mêmes rayons prolongés au-delà de l'ouverture C forment une autre ſurface conique ſemblable à celle qui s'appuye ſur le parallele AGB, cela poſé.

25. Si on ſuppoſe qu'une ſurface plane EFD parallele à l'équateur reçoit la lumiere du rayon qui part du centre du Soleil & qui paſſe par l'ouverture C durant tout le tems que l'aſtre décrit le parallele; il eſt clair que ce rayon décrira ſur la ſurface EFD la circonférence d'un cercle qui ſera la baſe du cone EFDC, de même que le parallele AGB, eſt la baſe du cone oppoſé AGBC; ces deux cones ont le même axe, puiſqu'ils ſont oppoſés au ſommet, & parce que leurs baſes ſont ſuppoſées paralleles à l'équateur, leur axe eſt néceſſairement parallele à celui de ce cercle; on ſuppoſe de plus que le cercle AGB eſt un parallele, donc il a ſon centre ſur l'axe de l'équateur, auquel il eſt auſſi perpendiculaire, de même qu'à l'axe du cone AGBC, par conſéquent cet axe eſt une portion de celui de l'équateur. Si la ſurface plane qui coupe le cone EFBC ou qui reçoit la lumiere qui paſſe par l'ouverture C tandis que le Soleil décrit le parallele AG B, ceſſe d'être perpendiculaire à l'axe, ou ſi elle devient oblique à l'équateur & au parallele, le rayon de lumiere qui décrit les deux ſurfaces coniques oppoſées, ne décrira plus par ſon extrémité la circonférence d'un cercle, mais une autre ligne courbe.

26. Pour déterminer l'eſpece de ligne courbe qui ſera décrite, il faut ſçavoir qu'un cone peut être coupé en cinq manieres différentes, ce qu'on appelle les cinq ſections du cone ou les cinq ſections coniques. 1°. Si la ſection

tion eſt perpendiculaire à l'axe, comme la ſection EFD, la ligne courbe décrite eſt la circonférence d'un cercle comme il vient d'être dit. 2°. Si le plan coupant HIKL eſt parallele à un des côtés du cone, par exemple, au côté CE, la ſection ou la ligne courbe HIK que la ſurface conique ainſi coupée laiſſeroit ſur le plan ſi elle y faiſoit une empreinte, ſeroit une parabole. 3°. Si le plan coupant RSTV étant oblique à l'axe du cone coupe les deux côtés EC, CD au-deſſous du ſommet C, la ſection RSTV ſera une éllipſe, qui différe du cercle en ce que ſes diamétres ſont inégaux. 4°. Si le plan coupant MNOP rencontre les deux ſurfaces coniques oppoſées, la ſection de chacune ſur le plan ſera une hyperbole. Pour que la ſection MNO ſoit une hyperbole, il n'eſt pas néceſſaire qu'il y ait deux cones oppoſés au ſommet, il ſuffit que le plan MNOP coupe un des côtés; par exemple, le côté EC au-deſſous du ſommet C, & l'autre côté DC au-deſſus prolongé en Q. Les lignes IL, RT, PNQ qui diviſent les ſections en deux parties égales & ſemblables ſont appellées les axes. 5°. Si le plan coupant paſſe par l'axe & conſéquemment par le ſommet commun des ſurfaces coniques, la ſection de chacune ſur le plan ſera un triangle ou un angle dont les côtés ſeront les mêmes que les côtés des ſurfaces coniques, tel eſt l'angle ECD. Ce ſont là les cinq manieres différentes dont un cone peut être coupé, & que l'on appelle les cinq ſections coniques. Cela poſé ſi le rayon de lumiere qui décrit les deux ſurfaces coniques AGBC, EFDC rencontre dans ſon mouvement un plan dans quelqu'une des cinq ſituations dont on vient de parler, il décrira la ſection propre à la ſituation du plan; ſi le plan eſt perpendiculaire à l'axe, il décrira la circonférence d'un cercle; ſi le plan eſt parallele à un des côtés de la ſurface conique, le rayon de lumiere tracera une parabole: car ce rayon durant le tems de ſon mouvement ſe trouve ſur la ſurface conique qu'il décrit & rencontre en même tems par ſon extrémité le plan qui la coupe: or ce plan ne coupe la ſurface conique que dans

quelqu'une de ces cinq lignes courbes. Donc le rayon qui le rencontre y décrit quelqu'une de ces lignes, ſelon la ſituation qu'il a, ſçavoir la circonférence d'un cercle ſi ce plan eſt perpendiculaire à l'axe ou parallele à l'équateur; une parabole s'il eſt parallele à un des côtés du cone, &c. Ces ſections ou lignes courbes ſont d'uſage dans la Gnomonique, mais on peut s'en ſervir ſans en ſçavoir les noms ni les proprietés. Le ſervice qu'on en peut tirer ſe fera mieux ſentir dans la catoptrique; c'eſt principalement pour y ſervir de préparation qu'on en expoſe ici la formation par la ſection du cone, ce qui ſuffit pour notre deſſein. Ainſi on n'en dira rien de plus. On obſervera ſeulement que ſi le rayon de lumiere décrivant la ſurfarce conique AGBC au lieu de paſſer par une ouverture C rencontroit en ce point le ſommet d'un ſtyle ou l'extrémité d'un corps mince & oblong, comme ſeroit une verge de fer implantée dans un mur, ou ſur toute autre ſurface, le prolongement CE ou CD du même rayon ſeroit une ligne d'ombre, que le ſommet du ſtyle ou de la verge de fer jetteroit derriere ou à l'oppoſite du Soleil; & ſon mouvement étant le même que celui du rayon décrivant prolongé, il traceroit ſur le plan de rencontre ou ſur le plan coupant la même ligne courbe que le rayon même y traceroit en paſſant par la petite ouverture C.

### *Les changemens qui ſurviennent à l'ombre ou aux traces lumineuſes qu'elle environne pendant le mouvement du luminaire.*

27. On a déja obſervé que les ombres des corps affectent des mouvemens ſemblables à ceux du luminaire qui les éclaire, mais en ſens contraire; cela paroîtra encore d'avantage par ce qui ſuit. On peut conſidérer dans l'ombre en mouvement trois changemens principaux, ſçavoir de figure, de ſituation, & de longueur. La figure de l'ombre dépend particulierement de l'expoſition du corps éclairé ou du côté qu'il tourne vers le luminaire, en ſuppoſant qu'elle eſt toujours reçûe ſur le même plan: ainſi l'ombre

d'un édifice qui est dans une plaine change de figure selon le côté qui est tourné vers le Soleil; si, par exemple, un des angles regarde directement le Soleil, l'ombre sera terminée autrement que si la face principale recevoit la lumiere en plein; & elle seroit encore autrement terminée, si elle la recevoit obliquement & de côté, ou s'il n'y avoit qu'une des faces laterales qui fût éclairée. La situation du plan sur lequel un corps jette son ombre peut aussi en changer la figure; ainsi qu'on expose un cercle directement ou perpendiculairement à la lumiere du Soleil, & qu'on reçoive l'ombre sur une surface parallele au plan du cercle, elle sera aussi circulaire, & semblable au cercle qui la jette : mais si le cercle restant dans la même place ou dans la même situation, on reçoit l'ombre sur une surface inclinée au plan du cercle, ou oblique aux rayons du Soleil, elle ne sera plus circulaire, mais élliptique. En un mot toutes les fois qu'un corps ou le luminaire qui l'éclaire changent de situation l'un par rapport à l'autre, & que la lumiere ne tombe plus de même sur la face éclairée, la figure de l'ombre varie quoique sur un même plan : ainsi depuis que le Soleil se leve jusqu'à ce qu'il se couche les ombres sont dans une variation continuelle, parce que l'aspect change à chaque instant.

28. Pour ce qui est de la longueur de l'ombre sur un même plan, elle dépend uniquement de la hauteur ou de l'élévation du luminaire; si le luminaire est sur le plan de projection l'ombre n'est point terminée suivant sa longueur, & on dit alors qu'elle est infinie : ainsi le matin lorsque le Soleil se leve, ou le soir lorsqu'il se couche, les ombres des corps ont une longueur à laquelle on ne sçauroit assigner des limites, en supposant que l'horizon sensible est un vrai plan, & que les rayons de lumiere qui rencontrent les objets à l'extrémité supérieure sont paralleles à ce plan; mais lorsque le Soleil a quelque hauteur quelques uns des rayons qui rasent les extrémités des corps ou qui passent par les sommets font un angle sen-

ſible avec l'horiſon, & les ombres ont alors une longueur finie & déterminée. Il ſeroit inutile de dire que les plus grands corps ou les plus hauts jettent les ombres les plus longues, mais ce qu'il eſt utile de remarquer, c'eſt qu'à la même élevation du Soleil les longueurs des ombres ſont proportionnelles aux hauteurs des corps ; enſorte que les ombres & ces hauteurs conſtituent toujours des triangles ſemblables dans l'hypothéſe que les ombres ſont ſur un plan horiſontal.

29. Soient les deux objets AB *a b* ( *Fig*. 7. 8. ) dreſſés ſur le plan horiſontal EG, la hauteur du Soleil étant meſurée par l'angle SDG ; quelques uns des rayons qui rencontrent le ſommet A iront aboutir au point D, & formeront avec le plan EG l'angle SDG de l'élevation, enſorte que l'eſpace ADB ſera tout dans l'ombre, autrement la hauteur du Soleil ſeroit plus grande ou moindre qu'on ne la ſuppoſée, c'eſt-à-dire qu'elle ſeroit meſurée par un angle plus grand ou plus petit que n'eſt l'angle SDG, donc BD ſera la longueur de l'ombre ſur le plan EG ; de même quelques uns des rayons qui raſent le ſommet *a* vont rencontrer le plan EG, de maniere qu'ils font avec ce plan l'angle *adb* égal à l'angle SDG ou à l'angle ADB, puiſque le Soleil a la même élevation pour tous les objets qui ſont ſur l'horiſon ; donc *b d* ſera la longueur de l'ombre. Cela poſé, il eſt évident (8. *Géom.*) que les trian- ADB *a d b* ſont ſemblables, car les angles D, *d* ſont égaux, les angles B, *b* ſont droits, donc AB. *ab* : : BD. *bd*, c'eſt-à-dire que les longueurs des ombres ſont proportionnelles aux hauteurs des objets.

30. Il eſt clair que les ombres diminuent à meſure que le Soleil monte, parce que les rayons qui raſent les ſommets des corps, & qui vont rencontrer l'horiſon plongent d'avantage, à meſure que l'aſtre eſt plus élevé : ainſi lorſque le Soleil a la hauteur SCG, (*Fig*. 9) les rayons SAC qui font avec le plan EG l'angle de la hauteur étant plus dreſſés que les rayons SAD, lorſque la hauteur eſt meſurée par l'angle SDG, l'ombre CB eſt néceſſairement plus courte

que l'ombre DB. Si on prend la hauteur AB de l'objet pour le ſinus total, les longueurs BC, BD ſeront les tangentes des angles BAC, BAD, leſquels ſont les complemens des deux élevations SCG, SDG; donc les longueurs des ombres d'un même corps ſont comme les tangentes des complemens des hauteurs du Soleil. Si le complement BAC, ou BAD eſt égal à l'angle de la hauteur ou de l'élevation, ce qui arrive au moment que l'aſtre eſt élevé de 45 degrés, pour lors la tangente du complement de l'élevation eſt égale au ſinus total, car dans cet inſtant le triangle ABC eſt iſoſcele,( 6. *Géom.* ) donc la longueur de l'ombre eſt égale à la hauteur de l'objet.

### *Uſages de la longueur de l'ombre.*

31. Ces propoſitions ſont d'uſage dans la pratique. 1°. On peut ſe ſervir de l'ombre d'un corps fort élevé pour en meſurer la hauteur. Il faut obſerver le moment auquel le Soleil a 45 degrés d'élevation, & mettre auſſi-tôt une marque à l'extrémité de l'ombre, laquelle étant meſurée ſuivant ſa longueur donnera la hauteur de l'objet: parce que ſuivant ce qui vient d'être dit l'aſtre ayant l'élevation de 45 deg. l'objet éclairé jette une ombre égale à ſa hauteur. 2°. Si on ne veut point attendre que l'aſtre ſoit élevé de 45 degrés, on plantera une perche perpendiculaire à l'horiſon, & dans le même inſtant on mettra une marque à l'extrémité de chaque ombre, on meſurera enſuite la longueur de l'une & de l'autre : & on fera cette proportion l'ombre de la perche eſt à l'ombre de l'objet, comme la hauteur de la perche eſt à la hauteur de l'objet; le quatriéme terme ſera connu par le moyen des trois premiers. ( 10. *Arithm.*) 3°. On peut diviſer une méridienne. La méridienne en général c'eſt la commune ſection du méridien & de l'horiſon; & une méridienne eſt une portion de cette ſection ou ligne tracée ſur un plan horiſontal. A l'extrémité la plus voiſine du Sud on éleve perpendiculairement un corps oblong terminé en pointe, appellé Gno-

mon, & à midi lorſque le centre du Soleil eſt dans le méridien, l'ombre du Gnomon eſt couchée ſur la méridienne : or la longueur de cette ombre augmente continuellement depuis le ſolſtice d'été juſqu'au ſolſtice d'hiver ; & elle diminue enſuite par les mêmes degrés depuis le ſolſtice d'hiver juſqu'au ſolſtice d'été, parce que la hauteur méridienne du Soleil diminue ſans ceſſe depuis le ſolſtice d'été juſqu'au ſolſtice d'hiver ; après quoi elle augmente lorſqu'il remonte & qu'il tend vers le ſolſtice d'été : or toutes les hauteurs méridiennes du Soleil ſont connues par l'obſervation, donc ſi on connoît une longueur d'ombre du Gnomon lorſque le Soleil eſt au méridien, on trouvera toutes les autres longueurs, parce que ces longueurs ſont comme les tangentes des complemens des hauteurs méridiennes, leſquelles ſont ſuppoſées connues. EG (*Fig. 9*) peut répreſenter le plan horiſontal & la méridienne qu'on y a tracé, & qu'il s'agit de diviſer ; AB le Gnomon, BD l'ombre la plus longue, lorſque la moindre hauteur méridienne eſt meſurée par l'angle SDG, & BC l'ombre la plus courte lorſque la plus grande hauteur méridienne eſt meſurée par l'angle SCG ; ainſi toutes les diviſions ſeront compriſes entre les extrémités C, D : ſi l'une des deux longueurs eſt connue, on trouvera les autres par la proportion qu'on vient d'indiquer. Ces longueurs étant rapportées ſur la méridienne, elle ſera diviſée & l'on ſçaura qu'elle doit être tous les jours de l'année à midi la longueur de l'ombre du Gnomon ; on le ſçaura, dis je, ſoit en portant la vûe ſur les diviſions, ſoit par le calcul ſans regarder la méridienne : & imaginant une ligne qui parte de l'extrémité de l'ombre & qui paſſe par le ſommet du Gnomon, on aura la hauteur méridienne qui donne cette longueur d'ombre. Comme le Gnomon doit être inébranlable, on fait ſervir à cet uſage un mur ſolide qui ſoit à l'épreuve des injures du tems ; on y perce un trou par où la lumiere du Soleil paſſe, lorſqu'il eſt au méridien ; & la diſtance perpendiculaire depuis le trou juſqu'au plan horiſontal eſt la hauteur du Gnomon.

32. On dira peu de chose du mouvement de l'ombre. La principale utilité qu'on en tire c'est de la faire servir à diviser le tems en parties, sçavoir heures, demi heures, &c. comme on le va voir dans ce qu'on dira ici des principes de la Gnomonique. On remarquera seulement que l'ombre étant toujours mûe en sens contraire du luminaire, lorsque le Soleil tourne dans son mouvement journalier de l'Orient vers l'Occident par le midi, les ombres des corps se meuvent de l'Occident vers l'Orient par le Septentrion; & parce que l'arc diurne que le Soleil décrit depuis le solstice d'hiver augmente dans la sphere oblique jusqu'à ce qu'il soit arrivé au solstice d'été, de même les arcs que les ombres des corps décrivent durant ce tems sur l'horison augmentent aussi; c'est-à-dire qu'ils embrassent un plus grand champ, ce qu'on peut verifier en jettant la vûe sur un cadran horisontal. Ces arcs diminuent ensuite lorsque le Soleil retrograde, & qu'il va du solstice d'été au solstice d'hiver. Dans les pays qui ont des jours de plus de 24 heures, comme au-delà des cercles polaires, le Soleil tourne tout autour de l'horison; les ombres font aussi leur tour en même tems, & parce que le Soleil se trouve deux fois dans le méridien dans l'intervalle de 24 heures elles marquent aussi sur un cadran horisontal deux fois midi. Le jour des équinoxes, jour auquel le Soleil parcourt l'équateur, ce qui arrive deux fois dans l'année, les extrémités des ombres décrivent des lignes droites, lesquelles, sur un plan horisontal, passent par les points du vrai Orient & du vrai Occident: dans les autres tems de l'année, lorsque le Soleil décrit les paralleles à l'équateur, leurs extrémités tendent le matin & le soir vers des points de l'horison différens du vrai Orient & du vrai Occident, & les lignes qu'elles tracent sont courbes; cependant c'est toujours une des cinq sections coniques comme il a été dit. Ce qui sera encore éclairci dans la suite.



# PREMIERS PRINCIPES

## *De la Gnomonique.*

II. 1. LA Gnomonique emprunte toute ſa certitude de l'Aſtronomie, & l'Aſtronomie ſe fondant ſur l'exactitude des obſervations s'applique à découvrir les vraies cauſes des mouvemens apparens des aſtres, ou du moins à ſubſtituer des hypothéſes, qui ayant lieu donneroient les mêmes apparences. Il eſt donc néceſſaire avant que d'entrer dans la Gnomonique de rappeller les principales circonſtances du mouvement du Soleil; on les trouvera expliquées plus au long dans le traité d'Aſtronomie. On déduira en même tems les ſuppoſitions dont on aura beſoin dans la ſuite.

### *Suppoſitions tirées de l'interſection des plans.*

2. Dans la conſtruction des cadrans on a beſoin de conſiderer les interſections des cercles de la ſphere entr'eux, & avec le plan du cadran. Voici à quoi on peut reduire ce qu'il en faut ſçavoir pour entendre la ſuite. 1°. La commune ſection de deux plans tels que ABCD, EBCF (*Fig.* 10.) eſt une ligne droite comme BC. On ſçait que ſi on plie une feuille de papier en deux, on aura deux ſurfaces planes qui ſe rencontreront dans le pli qu'on aura fait & qui ſera leur commune ſection; or ce pli eſt une ligne droite. 2°. Si deux plans ABCD EBCF ſont perpendiculaires à un troiſiéme plan GH, leur commune ſection BC eſt perpendiculaire au même troiſiéme; & ſi leur commune ſection BC eſt perpendiculaire à un troiſieme plan ils ſont l'un & l'autre perpendiculaires à ce plan. La premiere partie de cette ſuppoſition eſt évidente. Car ſi BC étoit oblique, il y auroit néceſſairement un des plans qui ſeroit oblique au troiſiéme tel que GH, puiſqu'il ſeroit incliné de même que la commune ſection BC, ce qui eſt contre l'hypothéſe. La ſeconde partie eſt

auſſi évidente, car ſi la commune ſection BC eſt perpendiculaire à un troiſiéme plan, les plans ABCD EBCF qui paſſent le long de cette perpendiculaire ne ſçauroient être inclinés. Pour en avoir une preuve ſenſible, il faut imaginer une feuille de papier dont les deux feuillets ſoient coupés d'équerre. La feuille étant poſée ſur une table qui ſervira de troiſiéme plan, on verra qu'en écartant le deux feuillets de maniere qu'ils faſſent l'angle DCF, le pli ou la commune ſection BC ſera perpendiculaire au plan de la table, puiſque cette ligne eſt perpendiculaire aux côtés DC FC qui ſont ſur la table; par conſéquent les plans ABCD EBCF ſeront perpendiculaires à la table. Et s'ils ſont perpendiculaires à la table, la commune ſection BC ne ſauroit être oblique, parce qu'alors il y auroit néceſſairement un des deux plans qui ſuivroit l'inclinaiſon de la ligne BC, & dès-lors il ne ſeroit plus perpendiculaire ainſi qu'il vient d'être dit. 3°. Si deux plans ABCD, EBCF ſont perpendiculaires à un troiſiéme, leur commune ſection BC eſt perpendiculaire aux communes ſections DC FC des mêmes plans avec ce troiſiéme, par exemple, avec le plan de la table, car BC eſt perpendiculaire au plan de la table, donc elle eſt perpendiculaire à toutes les lignes qu'on tirera ſur ce plan autour du point C; elle eſt donc perpendiculaire aux côtés DC, FC ſuivant leſquels les deux plans rencontrent le troiſiéme qui eſt le plan de la table. 4°. Reciproquement ſi la commune ſection BC des plans ABCD EBCF eſt perpendiculaire aux lignes DC FC qui ſont leurs communes ſections avec un troiſiéme plan, elle eſt perpendiculaire au même troiſiéme plan. Car pour lors le plan DFC ſur lequel les lignes DC FC ſont tirées, & auquel BC eſt perpendiculaire ſe confond avec le troiſiéme plan, par exemple, le plan de la table. 5°. L'angle que deux plans ABCD EBCF font entr'eux eſt égal à l'angle rectiligne DCF que font entr'eux les côtés DC FC perpendiculaires à la commune ſection BC, car les deux plans s'ouvrent & ſe ferment préciſement de la même ma-

niere que les côtés de l'angle rectiligne DCF, ou ce qui est la même chose, tous les points des lignes AD EF paralleles à la commune section BC décrivent, à mesure que les plans s'ouvrent & se ferment d'avantage, les mêmes arcs que les côtés DC, FC perpendiculaires à la section BC : or il est visible que les plans ABCD EBCF s'ouvrent, & se ferment précisement d'autant que ces arcs sont grands. Par conséquent ces arcs, ou ce qui est la même chose l'ouverture de l'angle rectiligne DCF, dont les côtés sont perpendiculaires à la commune section BC mesure l'angle des deux plans.

3. 6°. L'axe d'un cercle est une ligne perpendiculaire à son plan laquelle le traverse au centre ; les extrémités de l'axe sont appellés poles. Donc les poles d'un cercle sont également distans de tous les points de la circonférence. Car si un pole étoit plus proche d'un point de la circonférence que des autres, l'axe seroit plus incliné vers le point le plus proche, & dès-lors il ne seroit plus perpenpendiculaire. Si l'axe est supposé égal au diamétre, les poles seront éloignés de la circonférence de 90 degrés ou d'un quart de la même circonférence. 7°. Si un cercle perpendiculaire à un autre passe par le centre, il passera aussi par l'axe, & par conséquent par les poles ; & s'il passe par les poles, il passera aussi par l'axe & par le centre, & il sera perpendiculaire à cet autre cercle. 8°. Si deux cercles perpendiculaires à un troisiéme passent par le centre, ils passeront tous deux par l'axe, & par les poles ; ainsi l'axe sera la commune section : & s'ils passent par les poles du troisiéme cercle, ils seront perpendiculaires à son plan, & l'axe sera leur commune section. Ces suppositions sont évidentes après ce qu'on a dit de l'intersection des plans.

*Suppositions tirées de la Sphere Armillaire & de l'Astronomie.*

4. Les cercles de déclinaison sont des cercles qui passent par les poles du monde ou de l'équateur, auquel ils

ſont par conſéquent perpendiculaires. Si on conçoit qu'ils le diviſent en 24 parties égales, en autant qu'il y a d'heures dans un jour, on les appelle cercles horaires, & ils ſont au nombre de 12; parce qu'un même cercle coupant l'équateur en deux points diamétralement oppoſés, 12 cercles ſuffiſent pour le couper en 24 parties égales, dont chacune contient 15 degrés. Le Soleil parcourant tous les jours par ſon mouvement diurne l'équateur ou un parallele, ſe trouve donc à la fin de chaque heure ſur un cercle horaire : ainſi à midi ou à la fin de la douziéme heure il eſt au méridien, à 6 heures il eſt ſur le cercle horaire de la ſixiéme heure, & ainſi des autres cercles horaires; & parce qu'un même cercle coupe l'équateur en deux points oppoſés, il s'enſuit que l'aſtre ſe trouve deux fois dans un jour ſur un même cercle horaire.

5. Le cercle de 6 heures, & le méridien ſont un angle droit entr'eux. Car l'arc de l'équateur compris entre ces deux cercles eſt de 90 degrés, ce qui eſt évident, y ayant depuis 6 heures juſqu'à midi 6 heures completes : or le Soleil parcourt ſuivant l'équateur ou ſes paralleles 15 degrés dans une heure, donc dans 6 heures il parcourt 6 fois 15 ou 90 degrés : d'où il ſuit que le cercle de 6 heures eſt perpendiculaire au méridien, & qu'il paſſe par les poles de ce cercle. Or les poles du méridien ſont aux points du vrai Orient & du vrai Occident; donc le cercle de 6 heures paſſe par ces mêmes points. L'horiſon & l'équateur ſont perpèndiculaires au méridien de même que le cercle de 6 heures, par conſéquent ces trois cercles ſe coupent dans les mêmes points, ſçavoir les points du vrai Orient & du vrai Occident ou aux poles du méridien. L'angle que le cercle de 6 heures & l'horiſon font entr'eux, eſt égal à l'angle de la hauteur du pole; car cet angle eſt compris entre l'axe de l'équateur & la ſection du méridien avec l'horiſon. Or ces deux lignes ſont les communes ſections du cercle de 6 heures & de l'horiſon avec le méridien auquel ces deux cercles ſont perpendiculaires. Donc la commune ſection du cercle de 6

heures & de l'horiſon eſt perpendiculaire aux ſections qu'ils font ſur le méridien ou aux côtés de l'angle qui meſure la hauteur du pole ; donc l'angle que ces cercles font entr'eux eſt égal à l'angle de la hauteur du pole.

Toutes les obſervations des Aſtronomes tant anciens que nouveaux s'accordent à prouver que le Soleil eſt dans un ſi grand éloignement que la terre étant obſervée de cette diſtance, à peine pourroit-elle être apperçûe à la vûe ſimple, quoiqu'éclairée de la lumiere de cet aſtre; tant ſon diamétre eſt petit par rapport à cet éloignement. On peut donc ſuppoſer, lorſqu'il s'agit du mouvement de la lumiere du Soleil, que tous les points de la ſurface de la terre ſe confondent avec le centre, ou ce qui eſt la même choſe, qu'il n'y aura aucune différence ſenſible dans le progrès de l'ombre, ſoit qu'on reçoive la lumiere du Soleil durant ſon mouvement journalier, à la ſurface de la terre, ou près du centre ; que les grands cercles de la ſphere ſe couperont auſſi bien en deux parties égales, en ſuppoſant que leur centre commun eſt à la ſurface, & que le mouvement du Soleil autour de ce centre ne différe en rien de ſon mouvement autour du centre de la terre.

*Conſéquences qui ſuivent de cette derniere ſuppoſition.*

6. Si on attache à un mur ou à une autre ſurface à volonté, un corps mince & oblong de figure cylindrique parallelement à l'axe du monde ou de l'équateur, le mouvement de ſon ombre ſur cette ſurface ſe fera de même que ſi étant tranſporté tout près du centre on le plaçoit ſur l'axe même. Donc ce corps ainſi ſitué à la ſurface de la terre, pourra être conſideré comme l'axe du monde, & un de ſes points comme le centre ; & les cercles que l'on décrira de ce point, comme étant ſur les plans des grands cercles de la ſphere. Par exemple, un cercle qu'on décrira de ce point parallelement à l'équateur, ſera cenſé être ſur le plan même de l'équateur ; les cercles de dé-

clinaiſon & tous les cercles horaires ſe couperont ſur cet axe qui ſera leur commune ſection, l'équateur & ſes paralleles l'auront pour leur axe commun, c'eſt-à-dire qu'il les traverſera tous par le centre perpendiculairement à leurs plans.

*Suppoſitions propres à la Gnomonique.*

7. Imaginons qu'une extrémité de l'axe ſuppoſé eſt le centre du monde, les grands cercles de la ſphere, le méridien, l'horiſon, l'équateur & les cercles horaires l'auront auſſi pour leur centre commun; imaginons auſſi que ces cercles ont autour de ce point la ſituation propre & naturelle qui leur convient; c'eſt-à-dire que l'horiſon eſt parallele à la ſurface de la terre, que le méridien eſt perpendiculaire à cette ſurface, & que l'équateur eſt perpendiculaire à l'axe, que le cercle de 6 heures coupe l'horiſon & l'équateur aux points du vrai Orient & du vrai Occident, & que les autres cercles horaires coupent enſuite l'équateur de 15 en 15 degrés. Cela poſé le Soleil durant ſon mouvement diurne, aura à la fin de chaque heure ſon centre ſur un cercle horaire; à 6 heures du matin & du ſoir, il ſera ſur le cercle de 6 heures; à midi & à minuit il ſera ſur le méridien; à 4 heures du matin & à 4 heures du ſoir, il ſera ſur le cercle horaire de 4 heures, & ainſi des autres heures. Or ſi dans le moment que le centre du Soleil eſt ſur un cercle horaire, on marque ſur le plan du cadran, la ligne d'ombre que l'axe y fait, on aura la commune ſection du cercle horaire avec le plan du cadran; car l'ombre de l'axe eſt ſur le plan du cercle horaire, puiſqu'elle eſt toujours dirigée vers le côté directement oppoſé au luminaire, donc le cercle horaire rencontrera le plan du cadran dans la ligne d'ombre que l'axe y fait au moment que le centre du Soleil eſt ſur ce cercle. On aura de la même maniere les communes ſections des autres cercles horaires avec le plan du cadran.

8. Ces lignes qu'on appelle lignes horaires ont une situation invariable, sur le plan du cadran, c'est-à-dire que durant toute l'année le Soleil à la même heure se trouve sur le même cercle horaire; par conséquent la section de ce cercle avec le plan du cadran répond à la même heure, & elle se fait précisement au même endroit; car il n'y a que le mouvement en déclinaison, ou suivant l'écliptique, qui pourroit accélerer ou retarder le mouvement journalier suivant l'équateur, & empêcher que le Soleil n'arrive à la même heure au même cercle horaire; or le premier de ces mouvemens n'altere point l'autre, parce que le Soleil fait toujours sa révolution diurne en 24 heures; ainsi l'équateur est toujours divisé par les cercles horaires aux mêmes points, & les communes sections de ces cercles avec le plan du cadran sont toujours sur les mêmes lignes, donc les lignes horaires ont une situation invariable. Donc si une fois elles sont tracées sur le plan du cadran elles diviseront le tems en parties égales, en heures, si les cercles horaires divisent l'équateur de 15 en 15 degrés, en demi-heures &c., si l'équateur est divisé par les cercles horaires en 48 parties égales de 7 d. $\frac{1}{2}$ chacune. On ne touche point ici l'inégalité dont on a parlé dans l'Astronomie. Or la Gnomonique donne des regles pour trouver sur le plan du cadran la position des lignes horaires.

9. Les lignes horaires sont des lignes droites; car l'ombre de l'axe qui les donne est une extension du cercle horaire; c'est-à-dire qu'elle fait partie du plan de ce cercle sur lequel l'axe qui la jette est couché: or la rencontre ou la section d'un plan avec un autre plan est une ligne droite.

10. Le point où l'axe rencontre le plan du cadran est appellé le centre du cadran, & toutes les lignes horaires se rencontrent en ce point; car les cercles horaires ont leur commune section sur l'axe, donc ils rencontrent tous le plan du cadran au même point que l'axe: or les lignes horaires sont les sections des cercles horaires avec le plan du cadran; donc elles passent par tous les points où ils

le rencontrent ; donc elles paſſent par le centre du cadran.

11. On a conſideré les lignes horaires comme autant de projections de l'axe ou de ſon ombre, on peut concevoir leur poſition d'une autre maniere ſans conſidérer la longueur de l'axe. Il ne faut faire attention qu'au point qui eſt le centre des grands cercles, & que l'on ſuppoſe être le centre de l'Univers ; on l'appelle le *Sommet du ſtyle*. Il faut imaginer que de tous les points de la circonférence d'un cercle horaire on tire des lignes qui paſſent par le ſommet du ſtyle elles ſeront toutes ſur le plan du cercle, & formeront elles-mêmes ce plan, & la rencontre avec le plan du cadran ſera la ligne horaire répondante à ce cercle. De cette façon on conſidére les lignes horaires comme des projections des cercles horaires, & c'eſt le ſommet du ſtyle qui en donne la poſition. On aura de la même maniere les projections de l'équateur & de l'horiſon ; celle de l'équateur eſt appellée ligne *équinoxiale* ou ſimplement l'équinoxiale, & la projection de l'horiſon l'*horiſontale*. Les projections des grands cercles ſont des lignes droites, parce que tous les points de la circonférence d'où l'on tire les lignes qui forment la projection, & le ſommet du ſtyle par où elles paſſent ſont ſur le plan du cercle à projetter, ou même elles le forment, la projection d'un grand cercle eſt donc une ligne droite. mais la projection d'un petit cercle, par exemple, d'un parallele à l'équateur eſt néceſſairement une ligne courbe ; car les lignes tirées des points de la circonférence au ſommet du ſtyle ne ſont point dans un même plan, elles forment, comme il a été dit, une ſurface conique, parce que le ſommet du ſtyle eſt hors du plan de la circonférence. Or la ligne courbe ſur le plan de projection ou du cadran eſt une des cinq ſections coniques ; donc la projection d'un petit cercle eſt une ligne courbe.

12. Si du ſommet du ſtyle on abbaiſſe une perpendiculaire au plan du cadran, elle eſt appellée *ſtyle droit*, *ou la hauteur du ſtyle*, & le point où elle rencontre le plan

eſt le *pied du ſtyle.* Il ſuit de-là que tous les grands cercles qui ſont perpendiculaires au plan du cadran ſe coupent au pied du ſtyle. Car ils paſſent par le ſommet qui eſt regardé comme le centre de la terre ou du monde, & par la hauteur du ſtyle puiſqu'on les ſuppoſe perpendiculaires au plan du cadran ; donc ils ſe coupent au pied du ſtyle droit qui eſt leur commune ſection ; donc les interſections des mêmes cercles avec le plan du cadran paſſent par le pied du ſtyle.

13. L'équateur eſt perpendiculaire à tous les cercles horaires, mais la ligne équinoxiale ne ſçauroit être perpendiculaire à toutes les lignes horaires qui ſont des lignes droites, & qui d'ailleurs concourent au centre du cadran ; il peut même ſe faire qu'elle ne ſoit perpendiculaire à aucune ligne horaire, parce qu'il peut arriver que tous les cercles horaires ſoient obliques au plan du cadran : mais quelle que ſoit leur ſituation à l'égard de ce plan, il y a toujours un cercle de déclinaiſon qui paſſe par le ſtyle droit, & qui eſt par conſéquent perpendiculaire au plan du cadran ; ſi ce cercle eſt un des 12 cercles horaires ſon interſection avec le plan du cadran ſera une ligne horaire, ſinon cette ligne ſe trouvera parmi les lignes horaires ſans être du nombre, & elle concourra de même au centre du cadran ; cette ligne ou interſection, ſoit qu'elle ſoit du nombre des lignes horaires ou non eſt appellée la ſouſtylaire ; elle eſt d'un grand uſage dans la conſtruction des cadrans. Il eſt clair qu'elle paſſe par le pied du ſtyle, puiſque le cercle dont elle eſt la projection y paſſe. La ligne équinoxiale eſt perpendiculaire à la ſouſtylaire. Car l'équinoxiale eſt la commune ſection de l'équateur & du plan du cadran : or ce plan & l'équateur ſont perpendiculaires au cercle de déclinaiſon dont la ſouſtylaire eſt la projection, donc leur commune ſection eſt perpendiculaire au même cercle & à toutes les lignes qu'elle y rencontre ; elle eſt donc perpendiculaire à la ſouſtylaire, qu'elle coupe néceſſairement de même que les lignes horaires, entre leſquelles celle-ci eſt ſituée. La ſouſtylaire

eſt

eſt encore appellée la méridienne du plan, parce que le Soleil dans ſon mouvement diurne étant arrivé au cercle de déclinaiſon dont la ſouſtylaire eſt la projection, eſt à ſa plus grande hauteur audeſſus du plan du cadran étant également éloigné du bord oriental & du bord occidental du même plan, comme il eſt à ſa plus grande hauteur audeſſus de l'horiſon lorſqu'il eſt au méridien où il eſt auſſi également éloigné de ſon lever & de ſon coucher; c'eſt pourquoi le cercle de déclinaiſon dont il s'agit eſt appellé le méridien du plan. Si le plan du cadran eſt perpendiculaire à l'horiſon, l'horiſontale paſſe par le pied du ſtyle; ſi le plan du cadran eſt oblique à l'horiſon, l'horiſontale paſſera audeſſus ou audeſſous de ce point, elle ſera au deſſus ſi le plan du cadran fait un angle obtus avec l'horiſon, elle ſera audeſſous ſi cet angle eſt aigu.

*Diverſes eſpeces de Cadrans.*

14. On diſtingue les cadrans par la ſituation qu'ils ont à l'égard de l'horiſon, & des quatre points cardinaux, l'Orient, l'Occident, le Septentrion & le Midi. Par rapport à l'horiſon ils ſont verticaux, inclinés & paralleles à l'horiſon, ou horiſontaux. Par rapport aux points cardinaux, ils ſont directement tournés vers quelqu'un de ces points, ou bien ils en déclinent, dans le premier de ces deux cas ils ſont appellés reguliers, & irréguliers s'ils déclinent. S'ils ſont déclinants & inclinés tout à la fois, on les appelle mixtes. Les cadrans reguliers ſont perpendiculaires au méridien ou au premier vertical, les cadrans reguliers méridionnal & ſeptentrional ſont perpendiculaires au méridien; & les cadrans reguliers oriental & occidental ſont perpendiculaires au premier vertical. Les verticaux ſont des grands cercles perpendiculaires à l'horiſon, leſquels paſſent par le point vertical appellé Zénit qui eſt un des poles de ce cercle. Le méridien qui eſt du nombre des verticaux paſſe par le Nord & le Sud, le premier vertical par l'Eſt & l'Oueſt ou par les points du vrai Orient & du vrai Occident. Tout cadran

déclinant ſoit vertical ſoit incliné à l'horiſon eſt perpendiculaire à un vertical. Car tout cercle vertical, quelle qu'en ſoit la ſituation entre les quatre points cardinaux, peut toujours rencontrer perpendiculairement un plan vertical ou incliné à l'horiſon : or la déclinaiſon d'un cadran c'eſt l'angle que le méridien fait avec le vertical qui eſt perpendiculaire au plan du cadran, ou c'eſt l'arc de l'horiſon compris entre le méridien & ce vertical : la déclinaiſon ſe prend donc du Septentrion ou du midi vers l'Orient & vers l'Occident. Suivant cette définition on pourra toujours trouver la déclinaiſon du plan du cadran en cette maniere. On tracera la méridienne ſur un plan horiſontal, laquelle étant prolongée s'il eſt néceſſaire rencontre le plan du cadran, du point de rencontre on menera ſur ce plan une ligne horiſontale ou de niveau ſur laquelle & du même point on élevera une autre ligne perpendiculaire & couchée ſur le plan horiſontal. L'angle formé par cette perpendiculaire & la méridienne tracée ſur ce plan ſera la déclinaiſon du plan du cadran ; car ſuppoſons que MNOP (*Fig.* 10.) eſt le plan du cadran, DC la méridienne tracée ſur le plan horiſontal GH, laquelle rencontre le plan MNOP au point C, MCP la ligne horiſontale ou de niveau tirée par ce point, FC la perpendiculaire à la même MCP & couchée ſur le plan horiſontal GH. Il eſt évident que les deux plans ABCD EBCF étant ſuppoſés perpendiculaires au plan horiſontal GH repréſentent deux cercles verticaux, & que BC qui eſt leur commune ſection eſt perpendiculaire aux interſections DC FC de ces cercles avec le plan horiſontal GH ; donc l'angle DCF meſure l'angle que ces mêmes cercles font entr'eux : or puiſque DC eſt la méridienne, & que MCP qui eſt la commune ſection du plan du cadran & du plan horiſontal GH eſt par la conſtruction perpendiculaire aux interſections FC BC du vertical EBCF avec le plan GH & le plan du cadran, il s'enſuit que ce ſecond plan eſt perpendiculaire au vertical EBCF ; donc l'angle DCF, meſure l'angle que ce vertical perpendiculaire au plan du cadran

fait avec le méridien, donc il mesure aussi la déclinaison du plan.

15. On pourra toujours avoir la méridienne sur un plan horisontal qui coupe le plan du cadran. Car les plans qui déclinent du Nord vers l'Orient ou vers l'Occident sont éclairés le matin & le soir; c'est-à-dire avant & après midi; donc on pourra y ajuster une surface horisontale sur laquelle on tracera la méridienne comme on feroit si le plan proposé étoit tourné vers le midi; donc si du point où la méridienne rencontrera le plan, on tire sur la surface horisontale une perpendiculaire à la commune section, on aura l'angle de la déclinaison.

16. On aura l'inclinaison du plan en laissant tomber du haut une ligne à plomb, & l'angle qu'elle fera avec le plan étant retranché de l'angle droit ou de 90 deg. le reste sera l'inclinaison demandée.

## *Des cadrans en particulier.*

17. 1°. Le cadran équinoxial est sur un plan parallele à l'équateur. Il suit de cette définition. 1°. Que l'axe est perpendiculaire au plan de ce cadran, (Art. II. n. 3. 4) 2°. Si du point où l'axe le rencontre on décrit une circonférence divisée en 24 parties égales par les 12 cercles horaires, le Soleil la parcourant en 24 heures par son mouvement diurne fera une division ou 15 degrés toutes les heures; & lorsqu'il sera sur un cercle horaire l'ombre de l'axe s'étendra vers le côté opposé sur le plan de ce cercle; mais ce ne sera qu'une ligne d'ombre sur le plan du cadran, parce que la section de ce plan & du cercle horaire est une ligne droite, donc le Soleil tournant autour du cadran équinoxial, l'ombre qui sera mûe autour de l'axe, comme le rayon d'un cercle autour de la circonférence, décrira des arcs égaux ou semblables à ceux que le Soleil décrit; c'est-à-dire des arcs de 15 degrés toutes les heures. Le cadran équinoxial est donc le plus aisé à construire, puisqu'il suffit de diviser un cercle en 24 parties égales. Le cadran équinoxial a deux faces,

l'une qui regarde le Midi, & l'autre le Septentrion. Le Soleil éclaire la premiere depuis l'équinoxe d'Automne juſqu'à l'équinoxe du Printems, & l'autre depuis l'équinoxe du Printems juſqu'à l'équinoxe d'Automne.

18. 2°. Le cadran horiſontal eſt ſur un plan parallele à l'horiſon. Il ſuit de cette définition. 1°. Que l'axe fait avec ce plan un angle égal à la hauteur du pole, & l'équateur un angle égal au complement de cette hauteur, de même que dans la ſphere armillaire. 2°. Le cercle de 6 heures, l'équateur & le plan du cadran ſont perpendiculaires au méridien; ( Art. II. n. 5. ) donc les communes ſections du plan du cadran avec le cercle de 6 heures & avec l'équateur ſont perpendiculaires au méridien, & à la méridienne qu'elles rencontrent; ( Art. II. n. 2. ) donc elles ſont paralleles entr'elles, ainſi la ligne de 6 heures & l'équinoxiale ſont perpendiculaires à la méridienne; la ligne de 6 heures paſſe par le centre du cadran; à l'égard de l'équinoxiale ſa poſition dépend du point de l'axe qu'on choiſit pour être le ſommet du ſtyle ou le centre de l'Univers. 3°. La méridienne ne différe point de la ſouſtylaire, parce que le méridien qui eſt un cercle de déclinaiſon eſt perpendiculaire au plan du cadran; ainſi le méridien du lieu & le méridien du cadran étant un même cercle, la méridienne & la ſouſtylaire ſont une même ligne.

19. 3°. Dans un cadran regulier méridional ou perpendiculaire au méridien, & à l'horiſon, ou ce qui eſt la même choſe parallele au premier vertical. 1°. L'inclinaiſon de l'axe eſt égale au complement de la hauteur du pole, car le plan du cadran & l'horiſon ſont un angle droit dont l'hypothéneuſe eſt une partie de l'axe, & cet angle eſt formé par les communes ſections de ces deux plans avec le méridien, c'eſt-à-dire qu'il eſt formé par la méridienne ſur le plan horiſontal & la méridienne ſur le plan du cadran qui regarde directement le Midi: il ſe forme donc un triangle rectangle de ces deux lignes & de l'axe, donc les angles aigus qu'elles forment avec l'axe ſont com-

plement l'un de l'autre ; or l'axe fait avec l'horiſon un angle égal à la hauteur du pole, donc l'angle qu'il fait avec un plan vertical méridional ou perpendiculaire au méridien eſt le complement de cette hauteur. 2°. La ligne de 6 heures & l'équinoxiale de même que l'horiſontale ſont perpendiculaires à la méridienne, par la raiſon que les communes ſections du plan du cadran avec ces cercles ſont perpendiculaires au méridien, ( Art. II. n. 2. 5. ) & par conſéquent à la méridienne qu'elles rencontrent. 3°. Dans ce cadran la méridienne & la ſouſtylaire ſont une même ligne, parce que le méridien du lieu & le méridien du plan ſont un même cercle.

20. 4°. Le cadran regulier ſeptentrional ſe décrit ſur la face oppoſée au plan du cadran regulier méridional, donc la ligne de 6 heures, l'horiſontale & l'équinoxiale ſont perpendiculaires à la méridienne ou plutôt à la ligne de minuit ; l'axe fait avec le plan un angle égal au complement de la hauteur du pole, de même que dans le cadran méridional ; avec cette différence que l'ouverture de l'angle eſt tournée vers le ciel, au lieu que dans le cadran méridional elle eſt tournée vers la terre ou vers l'horiſon ; par conſéquent dans le cadran Septentrional l'horiſontale & l'équinoxiale ſont audeſſus de la ligne de 6 heures, parce que le centre du cadran par où cette ligne paſſe eſt le point le plus bas de l'axe.

5°. Dans un cadran regulier oriental, c'eſt-à-dire perpendiculaire au premier vertical, & parallele au méridien. 1°. Le plan eſt parallele à l'axe, car l'axe eſt ſur le méridien, lequel ſuivant l'hypothéſe eſt parallele au plan du cadran ; donc toutes les lignes qu'on peut imaginer tirées dans ce cercle comme l'axe, ſont paralleles au plan du cadran, ou ce qui eſt la même choſe, elles ne rencontrent ce plan qu'à une diſtance infinie ; donc le centre du cadran eſt à une diſtance infinie ; donc les lignes horaires qui concourent avec l'axe au centre du cadran, ne ſe rencontrent qu'à une diſtance infinie, donc elles ſont paralleles entr'elles. 2°. L'équateur, l'horiſon & le cercle

de 6 heures ſont perpendiculaires au méridien ou au plan du cadran ; ( Art. II. n. 5. ) donc ils paſſent tous trois par le pied du ſtyle, donc leurs interſections avec le plan du cadran, c'eſt-à-dire l'équinoxiale, l'horiſontale, & la ligne de 6 heures paſſent auſſi par le pied du ſtyle. (Art. II. n. 12) 3°. L'horiſon & le cercle de 6 heures font un angle égal à la hauteur du pole, ( Art. II. n. 5. ) & cet angle eſt meſuré par l'arc du méridien compris entre les communes ſections de ce cercle avec l'horiſon & le cercle de 6 heures, leſquelles ne différent point de la ligne de 6 heures & de l'horiſontale, puiſque le plan du cadran eſt parallele au méridien ; donc la ligne de 6 heures & l'horiſontale font entr'elles un angle égal à la hauteur du pole. 3°. La ligne équinoxiale & l'horiſontale font un angle qui eſt égal au complement de la hauteur du pole. L'équateur fait avec l'horiſon un angle égal au complement de la hauteur du pole ; or ces deux cercles étant perpendiculaires au méridien ou au plan du cadran leurs communes ſections avec ce plan, c'eſt-à-dire l'équinoxiale & l'horiſontale font le même angle que les deux cercles dont elles ſont les ſections, ( Art. II. n. 2. ) par conſéquent l'équinoxiale & l'horiſontale font un angle qui eſt le complement de la hauteur du pole. 4°. La ligne équinoxiale eſt perpendiculaire à la ligne de 6 heures. Car l'équateur & le cercle de 6 heures font un angle droit ; de plus ils ſont perpendiculaires au méridien ou au plan du cadran donc leurs communes ſections avec ce plan, c'eſt-à-dire la ligne équinotiale & la ligne de 6 heures font auſſi un angle droit.

22. Tout ce qui vient d'être dit du cadran régulier oriental convient au cadran régulier occidental, parce qu'on le trace ſur la face oppoſée à celle du cadran oriental.

23. 6°. Dans un cadran vertical déclinant, 1°. la méridienne eſt perpendiculaire à l'horizontale, car le méridien & le plan du cadran ſont perpendiculaires à l'horizon, donc leur commune ſection, c'eſt-à-dire la

méridienne eſt perpendiculaire à l'horizon, & par conſéquent à l'horizontale qu'elle rencontre (Art. II. n. 2.). 2°. L'horizontale, l'équinoxiale & la ligne de 6 heures ſe coupent en un même point, puiſque l'horizon, l'équateur & le cercle de 6 heures dont ces lignes ſont les projections, ſe coupent dans les mêmes points, ſçavoir les poles du méridien (Art. II. n. 5.). Dans un cadran horiſontal & dans un cadran régulier méridional ou ſeptentrional, ces lignes ſont paralleles, ou ce qui eſt la même choſe, elles font entr'elles des angles infiniment petits ou les moindres qu'il ſoit poſſible, & ne concourent qu'à une diſtance infinie; dans un cadran régulier oriental ou occidental elles ſe coupent au pied du ſtyle, & elles font entr'elles les plus grands angles qu'il ſoit poſſible, ou égaux à ceux que font entr'eux les cercles dont elles ſont les projections; dans les cas d'entre deux le point de concours s'approche du pied du ſtyle à meſure que la déclinaiſon augmente, & il s'en éloigne ſi la déclinaiſon diminue; ainſi la grandeur des angles que ces lignes font entr'elles varie avec l'angle de la déclinaiſon. 3°. Dans un cadran vertical déclinant on a la poſition de la méridienne, ſi à midi, de l'extrémité de l'ombre de l'axe ou de l'ombre du ſommet du ſtyle qui eſt toujours un point de l'axe, on tire une ligne perpendiculaire à l'horizontale; car à midi l'ombre de l'axe ou du ſommet du ſtyle eſt couchée ſur le méridien, puiſque dans ce moment le Soleil a ſon centre au méridien, donc à midi l'ombre ſe termine à un des points où le méridien coupe le plan du cadran, donc la méridienne a un de ſes points ſur l'extrémité de l'ombre au moment de midi; de plus elle eſt perpendiculaire à l'horizontale; donc ſi à midi on tire par l'extrémité de l'ombre du ſtyle une perpendiculaire à l'horizontale, on aura la poſition de la méridienne ſur le plan du cadran. 4°. Dans un cadran vertical déclinant l'axe fait avec le plan propoſé un moindre angle qu'avec le plan du cadran régulier méridional; enſorte que la déclinaiſon étant la plus grande, com-

me lorſque le plan eſt parallele au méridien ou perpendiculaire au premier vertical, l'axe eſt parallele au plan, ou ce qui eſt la même choſe, l'angle du plan & de l'axe eſt infiniment petit; cependant quel que ſoit cet angle dans toutes les déclinaiſons que le plan déclinant peut avoir, il eſt cetain que l'axe demeure toujours également élevé ſur l'horizon.

24. 7°. Dans un cadran déclinant incliné, l'horizontale, l'équinoxiale & la ligne de 6 heures concourent auſſi en un même point, & l'axe fait avec l'horizon toujours le même angle, quelle que ſoit l'inclinaiſon & la déclinaiſon du plan; mais la méridienne ceſſe d'être perpendiculaire à l'horizontale, à cauſe de l'inclinaiſon du plan du cadran; nonobſtant cela l'extrémité de l'ombre du ſtyle à midi, ſera toujours un des points par où elle paſſe, & l'on aura ſa poſition en cette maniere. Il faut attacher au ſommet du ſtyle un fil à plomb, lequel étant tendu par le petit poids qu'il tiendra ſuſpendu, ſe mettra dans la ligne verticale, & ſera par conſéquent la commune ſection de tous les cercles verticaux, puiſqu'elle paſſera par le centre commun, ſçavoir le ſommet du ſtyle & par le zenit ou le nadir qui ſont les poles de l'horizon, où tous les verticaux paſſent; or le méridien eſt du nombre des verticaux, donc il paſſera par le fil à plomb; il paſſera auſſi par le point d'ombre qu'on aura pris à midi, puiſqu'à midi l'ombre du ſommet du ſtyle eſt étendue ſur le plan du méridien, & qu'elle ne peut le rencontrer dans ce moment qu'aux points où le méridien le coupe; donc la poſition du méridien à l'égard du plan du cadran ſera déterminée par cette opération, & on aura en même tems un point de la méridienne, ſçavoir le point d'ombre qu'on aura pris. Il ne s'agit donc plus que de trouver un ou pluſieurs points de cette ligne. Pour cet effet, il faut placer l'œil dans le fil à plomb & mirer juſqu'à ce que le fil cache à la vûe le point d'ombre, les autres points du plan du cadran que le fil cachera alors ſeront dans la méridienne; car tous ces points ſeront ſur

une même ligne droite, puiſque le fil à plomb qui eſt en ligne droite les cache tous : or le fil à plomb & la ligne droite qu'il cache ſur le plan du cadran ſont dans un même plan, ce qui eſt évident, & ce plan ne differe point du méridien, puiſqu'il paſſe par le point d'ombre du ſommet du ſtyle à midi, donc la ligne droite que le fil cache ſur le plan du cadran eſt la commune ſection de ce plan & du méridien, donc c'eſt la méridienne ; donc ſi on marque ſur cette ligne quelques points en mirant, comme il vient d'être dit, on aura la méridienne.

25. Si le plan du cadran décline du ſeptentrion vers l'orient ou vers l'occident, il ne ſera point éclairé à midi, pour lors on pourra trouver la déclinaiſon du plan comme il a été dit : or la déclinaiſon du plan étant connue, on peut toujours trouver la méridienne ou la ligne de minuit. Suppoſons que la déclinaiſon ſoit de 30 degrés, on ſçaura que l'arc de l'horizon compris entre le vertical perpendiculaire au plan du cadran, & le méridien eſt de 30 degrés ; donc le méridien coupera l'horizon & l'horizontale à la diſtance de 30 degrés du vertical perpendiculaire au plan du cadran ; donc on aura ſur l'horizontale un point de la méridenne. Pour avoir les autres points on mirera par le fil à plomb juſqu'à ce qu'il cache ce point de la méridienne ſur l'horizontale, comme on feroit ſi c'étoit un point d'ombre, & marquant quelques-uns des points de la ligne que le fil à plomb cache ſur le plan du cadran, on aura la méridienne ou la ligne de minuit en tirant une ligne droite par ces points, & par celui que la déclinaiſon du plan détermine ſur l'horizontale.

26. On peut donc toujours trouver la méridienne ſur un plan propoſé, quelle qu'en ſoit la ſituation : or la méridienne étant donnée, on peut toujours trouver les autres lignes horaires, conſtruire un cadran & diviſer le tems.

Avant que d'en venir à la conſtruction des cadrans, on va expliquer ſur une figure ce qu'on a dit de l'illumi-

nation d'un plan, par la lumiere du Soleil, & de la projection de l'ombre de l'axe à mesure que l'astre tournant autour de la terre par son mouvement diurne, se trouve successivement sur les cercles horaires.

*Mouvement diurne du Soleil autour de l'équateur & de ses paralleles ou autour du cadran équinoxial.*

27. Le Soleil décrivant l'écliptique par son mouvement annuel s'éloigne de l'équateur vers l'un & l'autre pole de 23 d. 30′ ou 28′, c'est ce qu'on appelle sa déclinaison, de sorte que tous les jours il décrit par son mouvement diurne des nouveaux paralleles, à mesure que sa déclinaison augmente : cet écart ou déclinaison se mesure sur des cercles perpendiculaires à l'équateur, & qui passent par conséquent par les poles du monde, & que l'on appelle pour cela cercles de déclinaison. Ainsi la déclinaison du Soleil est l'arc d'un cercle perpendiculaire à l'équateur, compris entre ce cercle & le centre de l'astre; on peut donc supposer que le Soleil est toujours sur un cercle de déclinaison, & toujours sur le même, pourvû que dans un tems donné l'arc compris entre son centre & l'équateur soit égal à la déclinaison qu'il doit avoir; & si on suppose encore que ce cercle tourne autour de l'équateur en 24 heures, à la fin de chaque heure il se confondra avec un cercle horaire, & le Soleil sera dans l'instant précis sur le même cercle horaire, quelle que puisse être alors sa déclinaison ou le parallele qu'il doit décrire par son mouvement diurne; de sorte que par rapport à la situation des cercles horaires & des lignes horaires qui en sont la projection, c'est la même chose que si le Soleil décrivoit tous les jours l'équateur, comme on l'a déja remarqué plus haut. On joindra le cadran horizontal au cadran équinoxial, ce qui servira à faire entendre comment les cercles horaires divisant l'équateur donnent les lignes horaires sur les autres plans qu'ils rencontrent dans leurs diverses situations.

28. YZ (*Fig.* 11.) représente le plan de l'équateur,

lequel eſt perpendiculaire au méridien, & il l'eſt auſſi à l'horizon ſi la latitude du lieu eſt nulle; mais il eſt incliné ſi le lieu où l'on le dreſſe a une latitude; l'inclinaiſon qu'il a ou l'angle qu'il fait avec l'horizon eſt le complément de la hauteur du pole; ainſi à Paris qui a 48 d. 40′ de latitude ou de hauteur de pole, l'angle de l'équateur avec l'horizon eſt de 41 d. 10′. AB LR eſt le plan horizontal ſur lequel le plan équinoxial YZ eſt dreſſé; & AR eſt leur commune ſection; & ſuppoſant que les lignes *na* D*a* ſont perpendiculaires à la ſection AR, l'inclinaiſon réciproque des deux plans ſera meſurée par l'angle *na*D; & ſi on fait l'angle CD*a* égal à la hauteur du pole du lieu, DCP prolongée au-dela du plan équinoxial ſera l'axe, & l'angle DC*a* ſera droit, puiſque les angles C*a*D ou *na*D & CD*a* pris enſemble valent un angle droit, étant complément l'un de l'autre. Il faut faire voir que DC ſera auſſi perpendiculaire au plan YZ, & ſera par conſéquent l'axe; car le plan C*a*D eſt perpendiculaire à l'horizon & au plan YZ, puiſque leur commune ſection AR eſt perpendiculaire au plan C*a*D, l'étant aux lignes C*a*, *a*D de ce plan; de plus les angles *a*CD *n*CD ſont droits, les angles DC*g* DC*t* ſont auſſi droits, puiſque le plan *a*CD étant perpendiculaire au plan YZ, ne panche pas davantage vers la droite que vers la gauche, donc DC étant dans un plan perpendiculaire au plan YZ fait des angles droits avec les lignes qui ſont dans ce plan; donc DC eſt perpendiculaire au plan YZ, donc cette ligne eſt l'axe du plan équinoxial YZ; donc tous les cercles horaires paſſeront par le point C, & leurs communes ſections avec le plan, ou ce qui eſt la même choſe, les lignes horaires partiront de ce point, qui ſera le centre du cadran. Puiſque le plan D*a*C eſt perpendiculaire à l'horizon, & qu'il paſſe par l'axe, il s'enſuit que le méridien eſt ſur ce plan, & que *n*C*a* ſera la méridienne ſur le plan équinoxial. Si un autre plan *t*C*g*D paſſant par l'axe coupe le méridien à angles droits, ce ſera le cercle de 6 heures, & la ſection *t*C*g* ou 6C6

avec le plan equinoxial ſera la ligne de 6 heures, & elle ſera parallele à l'horizontale AR qui eſt la commune ſection de l'horizon & du plan équinoxial; car ces deux lignes ſont perpendiculaires à la méridienne *n*C*a*, & par conſéquent paralleles entr'elles. La méridienne & la ligne de 6 heures étant tracées ſur le plan du cadran équinoxial, ſi on diviſe chaque moitié *ag gn* de la demi circonférence *agn*, dont le centre eſt en C, en ſix parties égales qui ſeront chacune de 15 degrés, & que par les points de diviſion & par le centre C on mene des diamétres à la circonférence décrite, ce ſeront les autres lignes horaires ou les communes ſections des autres cercles horaires avec le plan du cadran équinoxial.

*Projection de l'ombre de l'axe ſur un plan horizontal.*

29. Il eſt évident que toutes les lignes horaires du cadran equinoxial, excepté la ligne de 6 heures, ſont inclinées à l'horizon, & qu'étant prolongées, elles rencontrent la commune ſection AR auſſi prolongée du plan du cadran avec le plan horizontal ABLR : or les cercles horaires paſſent par tous les points des lignes horaires qui ſont leurs projections, donc ils coupent tous la ligne AR prolongée, excepté le cercle de 6 heures; ils paſſent auſſi tous par l'axe DCP, & de même qu'ils ſe rencontrent tous au centre C du cadran équinoxial, ils ſe coupent de même au point D où l'axe DCP traverſe le plan horizontal, puiſque l'axe eſt leur commune ſection; donc ſi du point D on mene des lignes aux points où les lignes horaires du cadran équinoxial coupent la ligne AR, les cercles horaires paſſeront auſſi par ces lignes qui ſeront les communes ſections des mêmes cercles avec le plan horizontal ABLR, & par conſéquent elles ſeront les lignes horaires d'un cadran horizontal dont le point D ſera le centre; & lorſque l'ombre de l'axe marquera une certaine heure ſur le cadran équinoxial, elle la marquera auſſi ſur le cadran horizontal, comme on verra bien-tôt. La ligne AR qui eſt la commune ſection du plan équinoxial

YZ avec le plan horisontal sera l'équinoxiale, & la ligne EDF qui est la commune section du cercle de 6 heures avec le même plan horisontal, sera la ligne de 6 heures sur ce plan; & elle sera parallele à la ligne équinoxiale AR, & à la ligne *t*C*g* de 6 heures du cadran équinoxial, comme il a été prouvé. D'où l'on voit que pour avoir la position des lignes horaires sur un cadran horisontal, il s'agit de trouver la situation du cadran équinoxial & de la ligne équinoxiale AR qui en est la projection, laquelle étant divisée par les prolongemens des lignes horaires du cadran équinoxial, on aura sur cette ligne les points d'où doivent être tirées les lignes horaires du cadran horisontal; elles doivent aussi concourir au centre D, donc on aura par ce moyen leur position sur le cadran. Les autres cadrans ne se tracent point autrement, & toutes les méthodes qui sont en très-grand nombre, se reduisent en dernier à diviser un cadran équinoxial ou l'équinoxiale; c'est-à-dire à trouver sur cette ligne un point de chaque ligne horaire & de la conduire ensuite au centre du cadran qui est le point commun de concours.

32. Les choses étant ainsi disposées, supposons que le Soleil tourne autour du plan équinoxial YZ, & de ses paralleles, avec le cercle de déclinaison qui le porte; lorsque ce cercle sera parvenu à une des divisions du cadran équinoxial, l'ombre de l'axe DCP, autour duquel il tourne s'étendra vers le côté opposé, par exemple, supposons que le cercle de déclinaison passe par la ligne *n a* de 12 heures ou de midi, & qu'il se confond avec le méridien, le Soleil étant dans la partie supérieure, l'ombre de l'axe s'étendra vers la partie inférieure sur le plan C*a*D, & parce qu'elle rencontre tout à la fois le cadran équinoxial dans la ligne C *a*, & le cadran horisontal dans la ligne D *a*, elle marquera sur l'un & sur l'autre une ligne d'ombre laquelle sera couchée sur C *a* dans le cadran équinoxial & sur D *a* dans le cadran horisontal, donc le Soleil étant dans la partie superieure du méridien l'ombre marquera midi sur les deux cadrans. Si le cercle de décli-

naiſon qui porte le Soleil continuant de tourner, vient à paſſer par la ligne *o*C*b*, il ſe confondra avec le cercle horaire de 1 heure, & l'ombre de l'axe s'étendant vers le côté oppoſé, c'eſt-à-dire ſur la partie inférieure du même cercle, le Soleil étant dans la partie ſuperieure, elle formera les deux lignes d'ombre C*b*, D*b*, puiſque ce cercle paſſant par l'axe coupe dans ſa partie inférieure l'un & l'autre cadran dans les lignes C*b*, D*b* : ainſi ils marqueront tous deux 1 heure au même inſtant. On fera voir de la même maniere, qu'aux autres heures du jour, le cercle de déclinaiſon paſſant par les lignes horaires correſpondantes, l'ombre de l'axe s'étendra dans les deux cadrans ſur ces lignes, & qu'elle fera connoître l'heure qu'il eſt au Soleil. Lorſque le Soleil ſera ſur le cercle de 6 heures, l'ombre ſera compriſe entre les lignes *t*C*g* EDF qui ſont paralleles. Car ce cercle coupe les deux plans dans ces lignes; l'ombre ſera donc terminée ſuivant ſa largeur, mais elle ſera indéfinie ſuivant ſa longueur, puiſque les communes ſections du cercle de 6 heures avec le cadran équinoxial & avec le cadran horiſontal, ſuivant leſquelles elle s'étend ne concourent point.

31. Comme dans la ſphere l'équateur eſt au milieu des paralleles & qu'il y en a autant dans la partie ſeptentrionale, ou même 7 ou 8 de plus que dans la partie méridionale; il s'enſuit que la face méridionale du cadran équinoxial, c'eſt-à-dire celle qui fait un angle aigu avec l'horiſon ſera éclairée durant 6 mois depuis l'équinoxe d'Automne juſqu'à l'équinoxe du Printems; car le Soleil tournant toujours avec le cercle de déclinaiſon qui le porte autour de la partie CD de l'axe, & s'éloignant continuellement du plan équinoxial YZ, décrira durant trois mois les paralleles qui ont leurs centres ſur la partie CD, & il eſt viſible qu'aux mêmes heures l'ombre tombera ſur les mêmes lignes, parce que dans ces inſtans le cercle de déclinaiſon qui porte le Soleil paſſera par les mêmes diviſions; ainſi quelle que ſoit la déclinaiſon du Soleil lorſque le cercle de déclinaiſon mobile autour de l'axe DCP

paſſera par la ligne *na* de 12 heures, & que le Soleil ſera dans la partie ſuperieure l'ombre de l'axe tombera ſur C*a* & ſur D*a*, puiſque le méridien avec lequel le cercle de déclinaiſon mobile ſe confond à l'inſtant de midi coupe les deux cadrans dans les lignes C*a* D*a*. Trois mois après l'équinoxe d'Automne le Soleil ſera au point de la plus grande déclinaiſon ou au point ſolſticial; il ſe rapprochera donc de l'équateur, & dans ſon retour il décrira une ſeconde fois les mêmes paralleles durant trois mois, & l'ombre de l'axe tombera encore aux mêmes heures ſur les lignes horaires correſpondantes. La face méridionale ſera donc éclairée durant 6 mois, pendant lequel tems la face ſeptentrionale qui fait un angle obtus avec l'horiſon ſera dans l'ombre. Mais le Soleil décrira l'équateur même le jour de l'équinoxe du Printems, & faiſant toujours ſes révolutions diurnes avec le cercle de déclinaiſon mobile, paſſera enſuite dans la partie ſeptentrionale, & décrira durant 6 mois, ſoit en s'éloignant, ſoit en ſe rapprochant de l'équateur, les paralleles qui ont leurs centres ſur la partie CP de l'axe; ainſi la face ſeptentrionale ſera éclairée durant 6 mois, depuis l'équinoxe du Printems juſqu'à l'équinoxe d'Automne; & la face ſeptentrionale étant diviſée de la même maniere que la face méridionale, l'ombre de l'axe couvrira aux mêmes heures les lignes horaires correſpondantes; & ſi le cadran équinoxial étoit tranſparent, elle tomberoit auſſi ſur les lignes horaires du cadran horiſontal, puiſque la ſituation des cercles horaires eſt invariable. Le cadran horiſontal eſt donc éclairé durant toute l'année depuis le lever juſqu'au coucher du Soleil.

*Projection de l'ombre de l'axe ſur un cadran vertical, méridional & ſeptentrional ou parallele au premier vertical.*

32. Préſentement ſuppoſons que le plan YZ eſt tranſparent, & qu'un autre plan perpendiculaire à l'horiſon ou au plan horiſontal ABLR, & au méridien D*a*C*n*,

paſſant par le centre C du cadran équinoxial en coupe le plan dans la ligne *tCg* de 6 heures. Le cercle de déclinaiſon mobile qui porte le Soleil tournant comme il a été dit autour du cadran équinoxial, l'ombre de l'axe donnera ſur ce plan vertical la poſition des lignes horaires de même que ſur le plan horiſontal ABLR : ainſi lorſque le Soleil ſera ſur le cercle horaire de 12 heures ou ſur le méridien D*a*C*n*, l'ombre de l'axe tombera ſur la méridienne du plan vertical, comme elle tombe alors ſur la méridienne C*a* du cadran équinoxial, & ſur la méridienne D*a* du cadran horiſontal. Lorſque le Soleil ſera ſur le cercle de 6 heures, l'ombre de l'axe s'étendra ſur la ligne de 6 heures du cadran vertical comme elle s'étend alors ſur la ligne de 6 heures du cadran équinoxial & du cadran horiſontal : ſi c'eſt le matin, le Soleil ſera à l'orient ou à la droite du ſpectateur, & l'ombre s'étendra vers l'Occident ſur C*t* & DE : mais le ſoir, lorſque le Soleil tendra vers le couchant, l'ombre ſera dirigée ſuivant C*g* & DF vers l'Orient. Il en ſera de même à l'égard des autres lignes horaires, l'ombre de l'axe en marquera la poſition dans le moment qu'elle ſera ſur les lignes horaires correſpondantes du cadran équinoxial & du cadran horiſontal ; tant ſur la face ſeptentrionale que ſur la face méridionale.

33. Le cadran vertical dont il s'agit ici, fait avec le cadran équinoxial un angle égal à la hauteur du pole, car il eſt perpendiculaire à l'horiſon, donc l'angle D*a*C eſt le complement de l'angle qu'il fait avec le plan du cadran équinoxial : or l'angle D*a*C eſt auſſi le complement de l'angle CD*a* ; c'eſt-à-dire de la hauteur du pole ; donc le cadran vertical dont il s'agit fait avec le cadran équinoxial un angle qui eſt égal à l'angle CD*a* ou à la hauteur du pole. Il eſt évident qu'il coupe les paralleles à l'équateur, ou les paralleles que le Soleil décrit par ſon mouvement diurne à meſure qu'il eſt emporté par le cercle de déclinaiſon mobile : ainſi la face méridionale de ce cadran eſt éclairée durant toute l'année ; mais la face ſep-

tentrionale

tentrionale ne l'eſt que durant 6 mois depuis l'équinoxe du Printems juſqu'à l'équinoxe d'Automne. 1°. La face méridionale eſt éclairée durant toute l'année, parce que l'arc diurne du Soleil eſt tourné vers le midi, & par conſéquent il ſe trouve deſſus la face méridionale de ce cadran. 2°. L'horiſon coupe tous les paralleles en deux parties inégales excepté l'équateur YZ au centre C duquel il paſſe; de ſorte que les arcs diurnes des paralleles que le Soleil décrit depuis l'équinoxe d'Automne juſqu'à l'équinoxe du Printems ſont moindres que les arcs nocturnes. Cela poſé, le cadran vertical dont il s'agit paſſe par les points du vrai Orient & du vrai Occident, puiſqu'il coupe le cadran équinoxial dans la ligne $tCg$ de 6 heures qui y paſſe de même que l'équateur YZ, donc la face ſeptentrionale ne ſçauroit être éclairée à moins que le Soleil ne ſe leve & ne ſe couche en des points de l'horiſon qui ſoient plus proches du Septentrion que ne le ſont les points du vrai Orient & du vrai Occident : or depuis l'équinoxe d'Automne juſqu'à l'équinoxe du Printems le Soleil ſe leve & ſe couche en des points qui ſont plus éloignés du Septentrion que les points du vrai Orient & du vrai Occident; donc durant 6 mois de l'année la face ſeptentrionale du plan vertical perpendiculaire au méridien ne reçoit aucune lumiere directe du Soleil. 3°. Après l'équinoxe du Printems le Soleil ſe leve & ſe couche en des points de l'horiſon qui approchent d'avantage du Septentrion que les points du vrai Orient & du vrai Occident, ce qui a lieu depuis l'équinoxe du Printems juſqu'à l'équinoxe d'Automne; donc durant ce tems, la face ſeptentrionale eſt éclairée le matin lorſque le Soleil ſe leve, & le ſoir lorſqu'il ſe couche. La face méridionale peut être éclairée depuis 6 heures du matin juſqu'à 6 heures du ſoir, ſçavoir le jour de l'équinoxe ou lorſque le Soleil décrit l'équateur; dans les autres tems de l'année le tems de ſon illumination eſt plus court: ce tems eſt moindre lorſque le Soleil décrit les paralleles qui ſont dans l'hemiſphere méridional, parce que les arcs diurnes ſont moindres que

la demie circonférence ou que 180 d. : le tems pendant lequel elle est éclairée est aussi moindre que de 12 heures lorsque le Soleil décrit les paralleles qui sont dans la partie septentrionale, parce que le plan vertical coupe ces paralleles en deux parties inégales, de sorte que la partie de l'arc diurne, qui est élevée sur la face méridionale, est moindre qu'une demie circonférence ; ainsi cette face ne sçauroit être éclairée alors durant 12 heures. A la latitude de Paris, qui est de 48 d. 50′ le cadran vertical septentrional peut marquer environ 7 ou 8 heures, sçavoir, aux plus longs jours depuis 4 heures que le Soleil se leve jusques vers les 8 heures, & depuis environ 4 heures du soir jusqu'à 8 heures que le Soleil se couche.

*Projection de l'ombre de l'axe sur un cadran oriental & occidental perpendiculaire à l'horison & parallele au méridien.* (*Fig.* 11.)

34. Si l'on imagine encore un plan parallele au méridien D*a*C*n* à quelque distance des centres CD de façon que l'axe se trouve entre la face orientale du plan & le Soleil levant, le cercle de déclinaison mobile qui porte le Soleil, tournant autour du cadran équinoxial rencontrera le plan proposé, & y déterminera comme dans les autres cadrans la position des lignes horaires ; & l'ombre de l'axe s'étendant sur la longueur de ces lignes marquera l'heure du jour : ce sera la même chose si on imagine que le plan supposé présente sa face occidentale au Soleil, l'axe étant encore entre deux, afin que son ombre tombe sur la face éclairée de la lumiere directe. Il est évident que l'axe CD qui est dans le méridien D*a*C*n* sera parallele au plan supposé, & que le cadran n'aura point de centre ; par conséquent les lignes horaires seront paralleles ; & parce que ce plan est parallele au méridien, le cercle de 6 heures EDF*g*C*t* ou plutôt la ligne de 6 heures qui en est la projection fera avec l'horisontale du même plan un angle égal à l'angle CD*a* que ce cercle fait avec la méridienne D*a* du cadran horisontal, ou égal à la hauteur du pole, & la ligne équi-

noxiale repréſentée par la méridienne $n$C$a$ du cadran équinoxial fera avec la même horiſontale un angle égal à l'angle C$a$D que la ligne $n$C$a$ fait avec la méridienne D$a$ du cadran horiſontal. Le premier de ces angles eſt égal à la hauteur du pole comme il vient d'être dit, & l'autre au complement de cette hauteur; & parce que langle $a$CD que le cercle de 6 heures fait avec la méridienne $n$C$a$ à laquelle l'équinoxiale du plan propoſé eſt parallele, eſt droit ou de 90 deg., il s'enſuit auſſi que l'équinoxiale fera avec la ligne de 6 heures un angle droit, comme il a été dit. La face orientale de ce cadran eſt éclairée depuis le lever du Soleil juſqu'à midi, & la face occidentale depuis midi juſqu'au coucher du Soleil.

35. Si on conçoit que le plan ſuppoſé devient incliné au méridien & à l'axe, il ſera déclinant; ſi une des faces décline du Sud vers l'Orient, l'autre déclinera du Nord vers le Couchant, & fera avec l'axe un moindre angle que ne fait le même axe avec le cadran vertical perpendiculaire au méridien : la portion CD rencontrant la face qui regarde le midi s'allongera de façon que l'ouverture de l'angle ſera plus proche de l'horiſon que le ſommet; mais la partie CP qui ſera implantée ſur la face ſeptentrionale montera vers le ciel, & le ſommet de l'angle ſera plus près de l'horiſon que la baſe. Si la face méridionale décline vers l'Occident, la face ſeptentrionale déclinera vers l'Orient. Dans toutes ces différentes ſituations, le plan équinoxial YZ rencontrera le plan ſuppoſé, de même que le cercle de déclinaiſon mobile qui porte le Soleil; & les cercles horaires avec leſquels il ſe confondra dans le moment des heures marquées par le cadran équinoxial, donneront ſur le plan déclinant les lignes horaires, & l'ombre de l'axe qui ſera alors étendue ſur ces lignes marquera l'heure du jour.

36. Il eſt clair après tout ce qu'on vient de dire que la conſtruction des cadrans quelle que puiſſe être la méthode de les tracer laquelle varie beaucoup dans les différens Auteurs, ſe réduit à appliquer le cadran équinoxial & de

l'approprier aux cadrans particuliers, selon que la situation du plan l'exige ; c'est à quoi serviront les exemples qu'on va proposer. Il ne sera point nécessaire de donner à chacun sa preuve particuliere, les principes qu'on vient d'établir doivent suffire pour les entendre. On ne dit rien de plus du cadran équinoxial, puisque pour le tracer il faut seulement diviser un cercle en 24 parties égales, & attacher fixement un axe à son centre, c'est-à-dire une verge de fer qui le traverse perpendiculairement à son plan.

### *Décrire un Cadran horisontal.*

37. On tirera au milieu de la surface proposée la ligne ADC (*Fig.* 12.) qu'on prendra pour la méridienne, & la partie CXII étant prise à volonté, on menera par les points C & XII OS & EF perpendiculaires à la méridienne ADC ; & du point C comme centre & avec le rayon C 12 pris à volonté on tracera la demie circonférence E12F ; & après avoir divisé chaque quart E12, F12 en 6 parties égales, on menera du centre C & par les points de division des lignes qui rencontrent la ligne OS ; du point XII on tirera la ligne XII*a*, qui fasse avec la méridienne l'angle *a*XIID égal au complement de la hauteur du pole, par exemple, à Paris la hauteur du pole étant de 48 d. 50′, l'angle *a*XIID sera de 41 d. 10′, & faisant la ligne XII*a* égale au rayon CXII, on lui menera par l'extrémité la perpendiculaire P*a*D qui rencontrera la méridienne au point D. Cela fait le point D sera le centre du cadran, P*a*D l'axe, le point *a* de l'axe, le sommet du style ou le centre de tous les grands cercles de la sphere ; *a*I perpendiculaire à la méridienne, la hauteur du style, & le point I le pied. E12F sera la demie circonférence de l'équateur ou du cadran équinoxial, laquelle étant divisée en 12 parties égales donnera la position des 12 cercles horaires. Et le triangle D*a*XII étant élevé perpendiculairement au plan du cadran sur la méridienne, & le rayon CXII étant appliqué sur le côté *a*XII, on verra que le cadran équinoxial sera avec l'horison ou avec

le plan du cadran un angle égal au complement de la hauteur du pole; donc il aura à l'égard du plan du cadran la ſituation qu'il faut, & l'angle *a*DXII ſera la meſure de la hauteur du pole, puiſqu'il eſt le complement de l'inclinaiſon de l'équateur ſur l'horiſon; donc P*a*D ſera l'axe, & ſera perpendiculaire au plan de l'équateur. Il eſt auſſi évident que OS ſera la commune ſection du plan de l'équateur & du plan horiſontal, c'eſt-à-dire que ce ſera l'équinoxiale; donc les cercles horaires la rencontreront aux mêmes points que les lignes tirées du centre C, donc ſi des mêmes points de rencontre on mene autant d'autres lignes au centre D du cadran horiſontal, ce ſeront les lignes horaires. Si par le centre D on mene une ligne perpendiculaire à la méridienne, ce ſera la ligne de 6 heures. A la latitude de 48 d. 50′ le Soleil durant ſa courſe diurne ſe trouve deux ſois ſur les cercles horaires de 4 & de 5 heures, de 7 & de 8 heures; c'eſt pourquoi les lignes horaires repondantes à ces cercles doivent être prolongées de part & d'autre du centre D.

38. On a ſuppoſé que la plaque ou la table ſur laquelle on vient de tracer le cadran horiſontal eſt mobile. Il reſte à l'orienter. C'eſt ce que l'on fait en traçant une méridienne dans le plan où on veut le placer. Il faut d'un point C (*Fig.* 13.) comme centre décrire pluſieurs circonférences concentriques, après quoi il faut élever au centre C un ſtyle perpendiculairement à l'horiſon, l'ombre qu'il fera le matin au lever du Soleil ſera fort longue, & ſortira hors des cercles qu'on aura décrits; mais elle s'accourcira à meſure que le Soleil s'élevera d'avantage: or il faut obſerver le moment auquel l'extrémité de l'ombre touchera à une circonférence, elle continuera de diminuer juſqu'à midi où elle ſera la plus courte; après midi elle augmentera; il faut encore obſerver le moment auquel l'extrémité touchera à la même circonférence: l'arc AB compris entre les deux points d'ombre AB étant diviſé en deux parties égales au point D, la ligne DC ſera la méridienne; car les momens auxquels les ombres

d'un même corps sont égales sont également distans ou éloignés de l'instant de midi ou de l'instant auquel le Soleil est au méridien ; donc divisant l'intervalle AB qui est entre les deux points d'ombre en deux parties égales on a la situation du méridien à l'égard des mêmes points.

Lorsque la surface sur laquelle on a tracé un cadran équinoxial est mobile, il faut aussi l'orienter en traçant une méridienne & en lui donnant l'inclinaison qu'il doit avoir.

### *Décrire un cadran regulier méridional ou parallele au premier vertical & perpendiculaire au méridien*

39. Il faut mener la ligne BA ( *Fig.* 14. ) de niveau ou parallele à l'horison, & par le milieu de la surface proposée mener la ligne ADC perpendiculaire à BA ; ce sera une ligne à plomb perpendiculaire à l'horison. On la prendra pour la méridienne ; prenant la partie CXII à volonté, on décrira du point C comme centre, la demie circonférence EGF terminée par le diamétre ECF, perpendiculaire à la méridienne ; & après avoir divisé chaque quart EG, FG en 6 parties égales; du centre C, & par les points de division on menera des lignes droites qui rencontrent OXIIS parallele à EF. Au point XII on menera la ligne *a*XII qui fasse avec la méridienne l'angle *a*XIID égal à la hauteur du pole, & prenant *a*XII égale à CXII, on fera passer par l'extrémité *a* la ligne P*a*D perpendiculaire à la même ligne *a*XII ; & le point D où P*a*D rencontrera la méridienne sera le centre du cadran. On élevera au point D une perpendiculaire à la méridienne qu'on prolongera de part & d'autre de ce point, ce sera la ligne de 6 heures. Par les points de division de la ligne OS, on menera au point D autant d'autres lignes qui seront les lignes horaires du cadran méridional qu'il falloit tracer. P*a*D sera l'axe & fera avec la méridienne ou avec le plan du cadran l'angle PDXII égal au complement de la hauteur du pole, en supposant que le triangle D*a*XII est élevé perpendiculairement au plan du cadran sur la méridien-

ne. Le point *a* eſt le ſommet du ſtyle ou le centre de l'Univers & des grands cercles de la ſphere; *a*I en eſt la hauteur, & le point I le pied. Le demi cercle E12F eſt le cadran équinoxial dont le rayon C12 ou CXII. étant appliqué au côté *a*XII du triangle *a*DXII élevé perpendiculairement au plan du cadran fait avec ce plan l'angle *a*XIID égal à la hauteur du pole. La ligne OXIIS eſt la commune ſection du plan équinoxial avec le plan du cadran, ou l'équinoxiale; donc les cercles horaires qui paſſent par le centre C, & qui ont l'axe PD pour commune ſection couperont le plan de l'équateur, & le plan méridional dans les lignes menées des points CD aux points de diviſion de l'équinoxiale; les lignes horaires du cadran équinoxial font donc trouver celles du cadran méridional. Le Soleil ſe leve à la droite du ſpectateur & il ſe couche à la gauche, l'ombre tend le matin vers la gauche & le ſoir elle s'allonge vers la droite.

40. On obſervera qu'en marquant les diviſions ſur le demi cercle EGF on n'a point eu égard au mouvement diurne du Soleil. Si on vouloit l'imaginer tel qu'il eſt comme dans la Fig. 11., il faudroit diviſer le cercle entier EGFK en 24 parties égales comme on le voit en Z, & concevant que le Soleil tourne dans l'ordre des lettres GFKE, le point G ſera celui de minuit, & le point K celui de midi, car la partie EKF deviendra la partie ſuperieure, la partie EGF l'inferieure lorſque le point C s'ajuſtera au point *a* de l'axe: & le Soleil parcourant les diviſions du quart de cercle FK, les diviſions ſemblables du quart de cercle oppoſé EG donneront ſur l'équinoxiale OS les lignes horaires du matin; & lorſque le Soleil ſera dans le quart de cercle KE, les diviſions ſemblables du quart de cercle oppoſé GF donneront les lignes horaires du ſoir. Mais dans le cadran régulier ſeptentrional dont on va parler, le point C s'ajuſtant au point *a* de l'axe, le point G deviendra celui de midi, & le point K celui de minuit; de ſorte que le Soleil parcourant le quart de cercle KE, les diviſions ſemblables du quart de cercle

oppoſé GF donneront les lignes horaires du matin ; & le Soleil parcourant le quart de cercle FK, les diviſions ſemblables du quart de cercle EG donneront les lignes horaires du ſoir : ainſi les lignes horaires du matin ſont à la droite d'un eſpectateur & celles du ſoir à la gauche. C'eſt le contraire dans le cadran méridional.

41. Le cadran regulier ſeptentrional ( *Fig.* 15. ſe décrit préciſement de la même maniere, mais on a ſoin de ne laiſſer ſur le plan que les lignes horaires correſpondantes aux heures qu'il eſt éclairé de la lumiere directe du Soleil, ſçavoir à Paris depuis 4 heures du matin juſqu'à 8 heures, & depuis 4 heures du ſoir juſqu'à 8 heures. On obſervera que le rayon C12 ou CK du cadran équinoxial étant appliqué au côté *a*12 du triangle *a*12D élevé perpendiculairement au plan du cadran ſeptentrional, le point ſuperieur G12 devient le point de midi, & que le point inferieur K12 eſt le point de minuit ; ainſi le Soleil ſe trouve au point G à midi, & au point K à minuit, comme il vient d'être dit. Le triangle *a*12D qui porte l'axe P*a*D eſt une plaque de métal aux petits cadrans ; mais aux grands on ſe contente de placer dans le plan du même triangle élevé perpendiculairement au plan & ſur la méridienne une verge de fer P*a*D qui faſſe avec cette ligne l'angle PD 12 égal au complement de la hauteur du pole.

*Décrire un cadran régulier oriental ou parallele au méridien.* (*Fig.* 16.)

42. On tirera la ligne horiſontale ou de niveau AO, & la ligne MAC qui faſſe avec elle l'angle MAL égal à la hauteur du pole ; & ce ſera la ligne de 6 heures, & le point A le pied du ſtyle. Par le même point A on tirera EQ qui faſſe avec la ſouſtylaire MA un angle droit ou de 90 degrés, & ce ſera l'équinoxiale ; prenant à volonté la partie AC ſur la ſouſtylaire, du point C comme centre, & avec le rayon AC on décrira la demie circonférence RAS terminée par le diamétre RCS perpendiculaire à la ſouſtylaire ou parallele à l'équinoxiale, on di-

visera la moitié AS de cette demie circonférence en 6 parties égales, & on portera sur l'autre AR une des six divisions autant de fois qu'il y a d'heures depuis le lever du Soleil jusqu'à 6 heures : à la latitude de 48 d. 50' à 6 heures, il y a 2 heures que le Soleil est levé aux plus longs jours d'été; ainsi on prendra l'arc AP égal à 2 divisions ou à 30 d. Du centre C, & par les points de division on menera des lignes qui rencontreront l'équinoxiale, & des points de rencontre on menera d'autres lignes paralleles à la soustylaire MC, qui est aussi la ligne de 6 heures; & ce seront les lignes horaires du cadran oriental, le demi cercle CRAS sera le cadran équinoxial, & la commune section EQ de son plan avec le plan oriental sera l'équinoxiale; donc les cercles horaires passant par le centre C & par les points de division de cette ligne couperont le plan du cadran dans des lignes paralleles à la ligne de 6 heures, lesquelles rencontreront aussi l'équinoxiale aux mêmes points de division. Pour concevoir que les sections des cercles horaires avec le plan oriental sont paralleles entr'elles, & à la ligne de 6 heures; il faut imaginer que le plan équinoxial est élevé perpendiculairement au plan du cadran ou au méridien; le plan du cadran sera aussi perpendiculaire au plan équinoxial; les cercles horaires sont de même perpendiculaires au plan équinoxial doſc leurs communes ſtctions avec le plan oriental seront perpendiculaires au plan équinoxial, & par conséquent paralleles entr'elles & à la ligne de 6 heures qui est aussi la soustylaire donc ces paralleles seront les lignes horaires. Le rayon CA de l'équateur est la hauteur du style, & le centre C le sommet. Si on attache à ce sommet un axe il faudra qu'il soit perpendiculaire à la hauteur CA ou parallele à la ligne de 6 heures MC.

43. Le cadran occidental se trace de la même maniere. Ils marquent autant de tems l'un que l'autre avec cette seule différence que le cadran oriental marque d'abord les heures les plus éloignées de midi, & le cadran occidental les heures qui en sont les plus proches.

*Décrire un cadran vertical déclinant du Midi vers l'Orient.*

44. Le point P (*Fig.* 17.) eſt le pied du ſtyle dont la hauteur eſt ſuppoſée égale à AP, c'eſt-à-dire que le ſommet ou la pointe de la verge qui doit faire ombre ſur le plan propoſé eſt ſuppoſée diſtante ou élevée de la quantité AP, & répond perpendiculairement au point P. On tirera par le pied P l'horiſontale HS. On obſervera ſur un bon cadran horiſontal le moment de midi, & on marquera auſſi-tôt ſur le plan propoſé le point d'ombre R du ſommet du ſtyle; du point R on menera la ligne RM perpendiculaire à l'horiſontale HS, & ce ſera la méridienne, du pied du ſtyle P on élevera encore PL perpendiculaire à l'horiſontale HS, & égale à la hauteur PA du ſtyle, & on menera LM; on prendra MN ſur l'horiſontale HS égale à LM, & on fera au point N l'angle MNO égal à la hauteur du pole, NO ſera l'axe & rencontrera la méridienne prolongée au point O, qui ſera le centre du cadran; du point O & par le pied du ſtyle, on tirera OPC qui ſera la ſouſtylaire, ſur laquelle on élevera au point P la perpendiculaire PA égale à la hauteur du ſtyle; & du centre O par le point A on menera OA, à laquelle & du point A on élevera la perpendiculaire AD qui rencontrera la ſouſtylaire au point D. on prendra ſur cette ligne DC égale à DA, & du point C comme centre & avec le rayon DC on décrira une demie circonférence terminée par les lignes FCI EDQ perpendiculaires l'une & l'autre à la ſouſtylaire. La ligne GEQ eſt l'équinoxiale, elle rencontre lhoriſontale HS au point E ou la ligne de 6 heures doit paſſer, elle rencontre auſſi la méridienne au point B, donc l'arc de cercle du cadran équinoxial compris entre les lignes CK CV, menées aux points E B où l'équinoxiale rencontre la ligne de 6 heures, & la méridienne eſt un quart de cercle ou contient 90 deg. C'eſt pourquoi cet arc étant diviſé en 6 parties égales, on aura ſur l'équinoxiale 7 points horaires depuis

6 heures du matin juſqu'à midi. On prendra une de ces 6 diviſions & on la portera ſur les arcs VI KF, & par les points de diviſion & le centre C on menera des lignes qui donneront ſur l'équinoxiale les autres points horaires. Si du centre O on tire des lignes aux points de diviſion de l'équinoxiale on aura les lignes horaires du cadran vertical déclinant.

45. Pour entendre cette conſtruction il faut imaginer que le triangle PLM eſt élevé perpendiculairement au plan du cadran ſur ſa baſe PM ou qu'il eſt horiſontal, & que les triangles rectangles AOD, MON tournant autour de leurs baſes OD OM, la perpendiculaire AP, & le côté MN s'appliquent, ſçavoir AP à PL & MN à ML; il eſt viſible que les trois points ALN n'en feront qu'un, que AP ou LP ſera la hauteur du ſtyle, & le point L ou A le ſommet & AO ou NO l'axe: car cette ligne paſſe par le ſommet L ou A du ſtyle, d'ailleurs elle fait avec le plan horiſontal PLM l'angle ONM égal à la hauteur du pole; donc le point O où elle rencontre le plan du cadran en eſt le centre, & OPC la ſouſtylaire, & le plan AOD le méridien du plan du cadran, auquel le plan du cadran équinoxial FDI ſera perpendiculaire, ſi on conçoit que le rayon CD s'applique au côté AD. L'axe AO ſera de même perpendiculaire au cadran équinoxial, & paſſera par le centre C; donc les cercles horaires paſſant par les points de diviſion donneront ſur l'équinoxiale EQ les points horaires; & tirant des lignes des mêmes points au centre O du cadran on aura les lignes horaires.

46. Il peut arriver que le centre O du cadran ſoit trop éloigné pour qu'on y puiſſe appliquer une regle, lorſqu'on voudra y conduire la ſouſtylaire OPC la ligne AD & les lignes horaires. Or la poſition de l'axe ON étant trouvée ou l'angle ONM qu'il fait avec l'horiſon ſur le plan du méridien étant décrit, on pourra toujours trouver la poſition des lignes qui doivent tendre au point O, un des points de ces lignes étant donné: ainſi le point P de la ſouſtylaire étant donné, on aura la poſition de cette ligne

par le moyen des lignes proportionnelles en cette ſorte. Soit menée d'un point *n* de la ligne ON la ligne *nmp* parallele à NMP, & trouvant une quatriéme proportionnelle à MN, *mn*, MP, ſçavoir *mp* les points P*p* détermineront la poſition de la ſouſtylaire. Car lorſque des lignes partent d'un même point elles coupent des lignes paralleles en parties proportionnelles. Et ſi elles coupent des paralleles en parties proportionnelles, elles tendent néceſſairement à un même point ( 7. *Géom.* ) On trouvera de même la poſition de la ligne AO en tirant du point P la ligne *p a* parallele à AP, & trouvant une quatrieme proportionnelle à PM, *pm*, AP, ſçavoir *ap*. La poſition des quatre lignes NO, MO, PO & AO, & les points horaires ſur l'équinoxiale étant trouvés, on aura la poſition des lignes horaires en tirant une ou pluſieurs paralleles à la ligne équinoxiale GEQ, & trouvant pour chaque ligne horaire une quatriéme proportionnelle.

47. On remarquera que l'angle PLM meſure la déclinaiſon du plan du cadran. Car le triangle PLM étant dans la ſituation horiſontale qui lui convient, PL & LM feront les ſections du vertical perpendiculaire au plan du cadran & du méridien avec l'horiſon : or ce vertical & le méridien ſont perpendiculaires à l'horiſon; donc l'angle PLM formé par les ſections PL LM meſure l'angle du même vertical avec le méridien ou la déclinaiſon du plan : c'eſt pourquoi ſi la déclinaiſon du plan eſt connue, formant le triangle PLM de la maniere qu'il a été dit, en faiſant l'angle PLM égal à la déclinaiſon donnée, & le côté PL égal à la hauteur du ſtyle, on aura la poſition de la méridienne MO.

*Décrire un cadran déclinant du Midi vers l'Orient & incliné, on ſuppoſe que le plan eſt tourné vers le haut ou qu'il regarde le Ciel.*

48. Le pied du ſtyle ou le point auquel l'extrémité de la verge qui fait ombre répond perpendiculairement étant ſuppoſé en P, ( *Fig.* 18. ) il faut tirer par ce point

une ligne PA parallele à l'horiſon dont la longueur ſoit égale à la hauteur du ſtyle, & lui tirer par le point P la perpendiculaire HPZ. Gela fait, ſi on conçoit que AP tournant autour du point P en demeurant toujours perpendiculaire à HPZ, l'extrémité A s'éleve en l'air & va joindre l'extrémité de la verge qui fait ombre, elle ſera perpendiculaire au plan du cadran & à la ligne HPZ. Si au ſommet A, qui eſt l'extrémité de la verge qui fait ombre, on attache un fil à plomb AS, il repréſentera dans ſa ſituation naturelle une ligne verticale qui paſſe par le ſommet du ſtyle, & qui eſt par conſéquent l'axe de l'horiſon ou la commune ſection des cercles verticaux; donc le plan HASZ qui paſſe par l'axe de l'horiſon ſera un vertical, & ce ſera le vertical perpendiculaire au plan du cadran & HPZ la commune ſection de ces deux plans. Si du ſommet A on tire une perpendiculaire à AS qui rencontre en H la ligne HPZ, AH ſera une ligne horiſontale, puiſqu'elle eſt perpendiculaire à l'axe de l'horiſon, donc ſi du point H on tire une ligne EH perpendiculaire à HPZ ce ſera l'horiſontale ou la projection de l'horiſon, car le plan du cadran étant incliné, l'horiſontale ne paſſe point par le pied du ſtyle, & l'angle AHP ou ſon égal PAZ ſera l'inclinaiſon du plan à l'égard de l'horiſon. Après cela il faut obſerver ſur un bon cadran horiſontal ou ſur une méridienne le moment de midi, & au même inſtant marquer le point d'ombre R du ſommet du ſtyle; & mirant par le fil à plomb AS juſqu'à ce qu'il cache le point R, remarquer quelqu'un des autres points qu'il cache alors ſur le plan, par exemple le point I de l'horiſontale HI, & tirant la ligne RI ce ſera la méridienne: car cette ligne eſt la commune ſection du plan du cadran, & d'un plan qui paſſe par le ſommet du ſtyle ou par l'axe AS de l'horiſon & ſur lequel l'ombre du ſommet du ſtyle s'étend au moment de midi. Du pied P du ſtyle on menera PN qui rencontre perpendiculairement la méridienne au point M, & PL parallele à la même ligne & égale à la hauteur AP du ſtyle, & on joindra les points LM; on prendra MN

égale à LM, & après avoir mené NI qui rencontre l'horisontale au point I ou la méridienne la coupe, on fera l'angle INO égal à la hauteur du pole ou égal à celui que l'axe fait avec l'horison, & le point O ou NO rencontrera la méridienne sera le centre du cadran; d'où & par le pied P on menera OPC qui sera la soustylaire, sur laquelle & du point P on élevera perpendiculairement la ligne PF égale à la hauteur AP du style, & on menera OF, à laquelle & du point F on élevera la perpendiculaire FD qui rencontrera la soustylaire au point D. On prendra DC égal à DF, & du point C comme centre on décrira une demie circonférence terminée par les perpendiculaires EQXY à la soustylaire; EDQ sera l'équinoxiale laquelle rencontrant la méridienne au point B & l'horisontale au point E, on aura les points horaires de midi & de 6 heures; & l'arc KDV compris entre les lignes CE CB sera un quart de la circonférence de l'équinoxial, lequel étant divisé en 6 parties égales donnera 5 points horaires entre les points KV, & portant une des 6 divisions égales de part & d'autre des lignes EC, CB on aura les autres points. Du centre C, & par les divisions trouvées sur le cadran équinoxial menant des lignes qui rencontrent l'équinoxiale, & de ces points de rencontre en menant d'autres au centre O du cadran on aura les lignes horaires.

49. Dans tout ce qui vient d'être dit une seule chose peut arrêter, c'est de sçavoir pourquoi ON ou bien OF est l'axe. Car si ON ou OF est l'axe, il rencontrera la méridienne au point O qui sera le centre du cadran, OCP sera la soustylaire, XDY le cadran équinoxial, EQ l'équinoxiale, ECB un angle droit ou l'angle entre le méridien & le cercle de 6 heures. On concevra que ON ou OF est l'axe, si on imagine d'abord que le triangle LPM est élevé perpendiculairement au plan du cadran sur sa base PM, & que les triangles OMN, OFD, HPA tournant comme un volet sur leurs bases MO, DO, PH, le côté MN s'applique au côté LM, le côté AP au côté

PL, la ligne FP perpendiculaire à la ligne OP, s'appliquera aussi au côté PL; ainsi les points AFNL conviendront au sommet du style; donc les lignes AH, NI tirées de ce sommet à l'horisontale EHI seront sur l'horison, & le triangle OMN sera dans le plan du méridien, & parce que l'angle ONI qui est sur ce plan est formé par la ligne NI qui est sur l'horison, & par la ligne NO est égal à la hauteur du pole, il s'ensuit que NO ou FO est l'axe: donc FD perpendiculaire à l'axe est le rayon de l'équateur ou du cadran équinoxial XDY, en suppposant que le rayon CD va s'appliquer au côté FD. Tout le reste s'ensuit.

### *Cadran équinoxial portatif appellé l'anneau astronomique* (*Fig.* 19. 21.)

50. Cet instrument est composé de deux cercles & d'une lame. Les deux cercles sont l'équateur CG & le méridien OR, lesquels sont d'équerre ou se coupent à angles droits lorsque l'instrument est dressé pour observer l'heure; hors de-là l'équateur tourne sur deux pivots & se met dans le plan du méridien dans lequel il s'emboëte. Dans la suite on considérera ces deux cercles faisant entr'eux un angle droit ou se coupant perpendiculairement. L'équateur est divisé en 24 parties égales qui représentent les 24 heures du jour; chaque partie est soudivisée en 4 autres, ce qui donne les demi heures & les quarts; ces divisions sont sur le plan du cercle & sur la bande circulaire intérieure qui en fait l'épaisseur, avec cette différence que sur la bande circulaire il n'y a que des points sans chiffres, mais les divisions qui sont sur le plan même sont accompagnées de chiffres, le rayon de lumiere qui tombe sur les points horaires va rencontrer ceux qui sont sur la bande circulaire intérieure, on regarde ensuite à quelle division du plan un de ces points répond, & le chiffre qui est sur cette division fait connoître l'heure. La lame est perpendiculaire au plan de l'équateur, elle se termine en pointes autour desquelles elle tourne dans deux trous qui sont dans l'é-

paiſſeur du méridien ; ainſi elle peut préſenter ſes deux faces ſucceſſivement à tous les points de la circonférence de l'équateur : les deux pointes ſont les poles de ce cercle, & la ligne qui les joint & qui diviſe la largeur en deux parties égales en eſt l'axe. L'axe eſt au milieu d'une longue ouverture qui en occupe les deux tiers ou les trois quarts, les bords de cette ouverture portent de part & d'autre du centre de l'équateur des diviſions, celles qui ſont ſur une face repréſentent les écarts du Soleil de part & d'autre de l'équateur ou ſa déclinaiſon ; ſur l'autre face ſont les noms des mois avec leurs diviſions de 5 en 5 ou de 6 en 6 jours, leſquelles font connoître la déclinaiſon du Soleil ; de ſorte que le jour du mois étant donné, on trouve ſur les bords de l'ouverture la déclinaiſon du Soleil pour ce jour ou ſa diſtance à l'équateur. Une petite piece de la même matiere que l'inſtrument ( on l'appelle curſeur ) percée d'un petit trou peut gliſſer d'un bout à l'autre entre les bords de l'ouverture de la regle & en parcourir toutes les diviſions. Le petit trou ſuit la direction de l'axe de l'équateur ou ſe trouve toujours dans la ligne qui partage la lame en deux parties égales ſuivant la longueur ; on le met ſur le degré de déclinaiſon indiqué par le jour du mois ; & dirigeant l'inſtrument de maniere que le rayon du Soleil qui paſſe par le petit trou tombe ſur la bande intérieure de l'équateur, le point qu'il rencontre ſur cette bande étant rapporté aux diviſions qui ſont ſur le plan du même équateur donne l'heure du jour ou du Soleil. Cela ſuppoſe que le cercle qui fait la fonction d'équateur eſt parallele à l'équateur céleſte ; or pour le tenir dans cette ſituation on diviſe un quart du méridien en 90 degrés, à commencer depuis le point S où ce cercle coupe l'équateur juſqu'au pole A ; on place le point de ſuſpenſion à une diſtance de l'équateur de l'inſtrument égale à la latitude du lieu ; ſi, par exemple, le lieu où l'on veut obſerver l'heure a 49 deg. de latitude ou d'élevation de pole, on arrête le point de ſuſpenſion à la diſtance de 49 deg. de l'équateur. De cette ſorte l'équateur de l'inſtrument a l'inclinai-

ſon

ſon qu'il doit avoir, puiſque le point de ſuſpenſion répond au zénit du lieu. Il reſte à le tenir parallelement à l'équateur céleſte; c'eſt ce qu'on fait par le moyen du curſeur. Le trou dont il eſt percé eſt un point de l'axe de l'équateur de l'inſtrument; cela poſé. 1°. Le rayon de lumiere qui y paſſe décrira deux ſurfaces coniques, comme on l'a fait voir précedemment. 2°. Si ce rayon tombe ſur une ſurface parallele à l'équateur céleſte, il y décrira par ſon extrémité la circonférence d'un cercle, durant la révolution diurne du Soleil au méridien, & s'il y décrit la la circonférence d'un cercle, la ſurface ſera parallele à l'équateur: or cela ſe trouve ainſi. Car le plan qui reçoit le rayon de lumiere à l'inclinaiſon qu'il doit avoir pour être parallele à l'équateur; d'ailleurs par la conſtruction on fait tomber le rayon de lumiere ſur un point de la circonférence de l'équateur de l'inſtrument, donc ſi on la tient dans cette ſituation, il la décrira durant la révolution diurne du Soleil, puiſque le trou par où il paſſe étant un des points de l'axe eſt également diſtant de tous les points de cette circonférence; & que de plus le plan ſur lequel elle eſt tracée à l'inclinaiſon convenable comme il vient d'être dit.

51. Il reſte à démontrer que ſi on met le trou du curſeur ſur le degré de déclinaiſon où eſt le Soleil, le rayon de lumiere décrira toujours la même circonférence; il faut concevoir que la déclinaiſon du Soleil c'eſt ſon élevation ou ſa hauteur ſur le plan de l'équateur, que le trou du curſeur eſt le ſommet d'un ſtyle, dont la hauteur ou la longueur eſt la diſtance au centre de l'équateur. Cela poſé. Si la hauteur du ſtyle augmente ou diminue dans le même rapport que la hauteur de l'aſtre ſur le plan, la longueur de l'ombre ſera toujours la même, ou ſi l'on veut le rayon de lumiere qui la termine rencontrera le plan toujours à la même diſtance du pied du ſtyle. Ce qui eſt évident par la ſeule inſpection de la figure. Suppoſons que l'angle DCG (*Fig.* 20.) meſure la hauteur de l'aſtre au-deſſus du plan CG, & que le rayon DA rencontrant

le ſommet du ſtyle PA va choquer le plan CG au point point C, ſi la hauteur de l'aſtre diminue, & qu'elle ne ſoit plus meſurée que par l'angle ECG, mais qu'en même tems on diminue la hauteur AP proportionnellement à l'abbaiſſement de l'aſtre, enſorte qu'on la reduiſe à la hauteur PF, il eſt évident que le rayon EF rencontrera encore le plan au point C; c'eſt-à-dire à la même diſtance du pied P: or par la conſtruction de l'inſtrument la diſtance du trou du curſeur à l'équateur de métal augmente ou diminue dans la même raiſon que la diſtance du Soleil à l'équateur céléſte; donc le rayon de lumiere qui paſſe par le trou du curſeur doit rencontrer l'équateur de l'inſtrument à la même diſtance du centre & décrire toujours la même circonférence.

52. Il faut encore voir comment on marque ſur la lame qui porte le curſeur les degrés de la déclinaiſon du Soleil. Suppoſons que le centre de l'équateur répond au point N (*Fig.* 21.) que NC eſt ſa diſtance à la bande circulaire intérieure. Du point C comme centre on décrit de part & d'autre du point N deux arcs FN NI de 23 d. $\frac{1}{2}$, qu'on diviſe en degrés ou en demi degrés; & par les points de A on tire diviſion & le centre commun, des lignes DC, OC &c. qui rencontrent l'axe BA & la diviſion eſt achevée. Ce curſeur parcourt l'eſpace DM en s'approchant & s'éloignant de l'équateur: DN & NM marquent la plus grande déclinaiſon, & les lignes DC OC ſont les rayons de lumie- qui décrivent les différentes ſurfaces coniques qui ont toutes pour baſe commune l'équateur de l'inſtrument.



## LA LUMIERE DIRECTE

### *Conſiderée par rapport à la vûe.*

III. 1. SI on ouvre les yeux durant le jour on voit les corps qui ſont expoſés à la lumiere; donc la lumiere qui en vient agit ſur l'organe de la vue & l'ébranle: or cette impreſſion ſur l'organe occaſionne dans

l'ame le ſentiment ou la ſenſation qu'on appelle la viſion, ſuivant laquelle les corps nous paroiſſent grands ou petits, proches ou éloignés, d'une certaine figure, d'une ou de pluſieurs couleurs, en repos ou en mouvement. Ce ſont là les choſes qui tombent ſous le ſens de la vûe, & qui en ſont l'objet. Il ſuit de-là que la viſion eſt l'effet de deux cauſes ſubordonnées l'une à l'autre. La lumiere ne produit point immédiatement la viſion, elle fait d'abord ſon impreſſion ſur l'organe; ce n'eſt point dans cet ébranlement que la viſion conſiſte; il faut de plus que l'ame ſoit avertie de ce qui ſe paſſe dans le corps qu'elle anime, & qu'en conſéquence elle rapporte aux objets du dehors le changement qu'ils y ont produit. Lœil étant le ſujet immédiat de la lumiere, & comme l'inſtrument au moyen duquel elle excite dans l'ame la viſion, il convient de dire quelque choſe de ce que l'Anatomie nous apprend de ſa ſtructure : il y aura après cela plus de facilité à entendre les effets de la lumiere par rapport à la viſion. La deſcription qu'on en va donner eſt tirée de la dioptrique de M. Decartes.

### *La ſtructure de l'œil*

2. S'il étoit poſſible de couper l'œil par la moitié ſans que les liqueurs dont il eſt rempli s'écoulaſſent, ni qu'aucune de ſes parties changeât de place, & que le plan de la ſection paſſât juſtement par le milieu de la prunelle, il paroîtroit tel qu'il eſt repréſenté en cette figure. ABCD (*Fig.* 22.) eſt une peau aſſez dure & épaiſſe qui compoſe comme un vaſe rond dans lequel toutes ſes parties intérieures ſont contenues. DEF eſt une autre peau plus déliée, qui eſt tendue ainſi qu'une tapiſſerie au-dedans de la précedente. ZH eſt le nerf nommé optique, qui eſt compoſé d'un grand nombre de petits filets dont les extrémités s'étendent en tout l'eſpace GHI, où ſe mêlant avec une infinité de petites veines & arteres, elles compoſent une eſpece de chair extrémement tendre & délicate, laquelle eſt comme une troiſiéme peau qui couvre tout

le fond de la feconde. KLM font trois fortes de glaires ou humeurs fort tranfparentes qui rempliffent tout l'efpace contenu au-dedans de ces peaux, & ont chacune la figure en laquelle vous la voyez ici repréfentée. Et l'expérience montre que celle du milieu L qu'on nomme l'humeur criftalline caufe à peu près même refraction que le verre ou le criftal, & que les deux autres K & M la caufent un peu moindre, environ comme l'eau commune, enforte que les rayons de lumiere paffent plus facilement par ces deux que par l'air. En la premiere peau la partie BCB eft tranfparente & un peu plus voutée que le refte BAB. En la feconde la fuperficie intérieure dela partie EF qui regarde le fond de l'œil eft toute noire & obfcure, & elle a au milieu un petit trou rond FF, qui eft ce qu'on appelle la prunelle, & qui paroît fi noir au milieu de l'œil quand on le regarde par dehors; ce trou n'eft pas toujours de même grandeur, & la partie EF de la peau en laquelle il eft, nageant librement dans l'humeur K qui eft fort liquide, femble être comme un petit mufcle qui fe peut étrecir & élargir à mefure qu'on regarde des objets plus ou moins proches, plus ou moins éclairés, ou qu'on les veut voir plus ou moins diftinctement. Et vous pouvez voir facilement l'expérience de tout ceci en l'œil d'un enfant, car fi vous lui faites regarder fixemeut un objet proche, vous verrez que fa prunelle deviendra un peu plus petite que fi vous lui en faites regarder un plus éloigné qui ne foit point avec cela plus éclairé. Et derechef, qu'encore qu'il regarde toujours le même objet, il l'aura beaucoup plus petite étant en une chambre fort claire, que fi en fermant la plûpart des fenêtres on la rend fort obfcure. Et enfin que demeurant au même jour & regardant le même objet, s'il tâche d'en diftinguer les moindres parties, fa prunelle fera plus petite que s'il ne le confidére que tout entier & fans attention. Et notez que ce mouvement doit être appellé volontaire non-obftant qu'il foit ignoré de ceux qui le font; car il ne laiffe pas d'être pour cela dépendant & de fuivre de la volonté qu'ils ont

de bien voir, ainſi que les mouvemens des lévres & de la langue, qui ſervent à prononcer les paroles ſe nomment volontaires à cauſe qu'ils ſuivent de la volonté qu'on a de parler; non-obſtant qu'on ignore ſouvent quels ils doivent être pour ſervir à la prononciation de chaque lettre. EN, EN ſont pluſieurs filets noirs qui embraſſent tout autour l'humeur marquée L, & qui naiſſant auſſi de la ſeconde peau en l'endroit où la troiſiéme ſe termine, ſemblent autant de petits tendons par le moyen deſquels cette humenr L devenant tantôt plus voutée, tantôt plus plate, ſelon l'intention qu'on a de regarder des objets proches ou éloignés, change un peu toute la figure du corps de l'œil, & vous pouvez connoître ce mouvement par expérience; car ſi lorſque vous regardez fixement une tour ou une montagne éloignée, on préſente un livre devant vos yeux, vous n'y pourrez voir diſtinctement aucune lettre, juſqu'à ce que leur figure ſoit un peu changée. Enfin OO ſont ſix ou ſept muſcles attachés à l'œil par dehors qui le peuvent mouvoir de tous côtés, & de même auſſi peut-être en le preſſant ou retirant aider à changer ſa figure.

3. Voici les noms des principales parties de l'œil. La partie BCB de la peau ou membrane extérieure ABCD eſt appellée la cornée, la membrane DEF la choroïde, & la partie EFE l'uvée, GHI eſt la retine, K l'humeur aqueuſe, L l'humeur criſtalline ou le criſtallin, M l'humeur vitrée, EN ſont les ligamens ciliaires; l'humeur criſtalline a la figure d'une loupe ou lentille de verre, & a plus de conſiſtance que les deux autres humeurs, mais l'humeur vitrée en a plus que l'humeur aqueuſe; l'uvée eſt noire dans la ſuperficie concave, & de différentes couleurs dans ſa ſuperficie convexe, c'eſt ce qui la fait nommer l'iris.

### *Du paſſage de la lumiere dans l'œil & des images qui ſe peignent ſur la retine.*

4. L'expérience montre que les objets du dehors

peignent leurs images au fond de l'œil sur la retine. On prend l'œil d'un animal, comme d'un bœuf, lorsqu'il est tout frais, on ôte vers DHA une partie des trois peaux qui lui servent d'enveloppes, & on découvre l'humeur vitrée, & afin qu'elle ne s'epanche point, & que l'œil conserve sa figure, on applique à l'endroit de l'incision un corps blanc, mince, délié & transparent comme du papier, une coquille d'œuf &c. : on le met ensuite dans le trou d'une fenêtre fait exprès, ensorte que la partie anterieure BCB soit en dehors tournée vers quelque lieu où il y ait des objets éclairés du Soleil, & que la partie DHA soit en dedans de la chambre où il ne doit entrer aucune lumiere, sinon celle qui pourra traverser les trois humeurs K L M. Cela fait, si on regarde le corps blanc qu'on a mis en DHA, on y voit une peinture qui représente fort naïvement en perspective les objets qui sont au dehors.

5. On peut conclure de cette expérience. 1°. Que les rayons de la lumiere sont comme autant de pinceaux qui en traçant sur la retine les lineamens des objets les teignent de leurs couleurs naturelles. 2°. Les rayons qui viennent d'un même point sensible doivent se réunir en un seul point de la retine, autrement il se feroit un mélange de couleurs qui ne présenteroit rien de bien distinct à la vûe. 3°. Puisque les rayons qui partent d'un même point vont en s'écartant, & qu'ils forment sur l'œil un cone qui a pour base la prunelle, il faut qu'en traversant les trois humeurs, ils se rapprochent pour qu'ils se réunissent en un même point de la retine; ainsi en pénetrant dans les trois humeurs, ils doivent se plier, & en se détournant de la sorte tendre vers un même point ou devenir convergens de divergens qu'ils étoient auparavant. On verra dans la suite comment la lumiere se refracte ou se plie lorsqu'elle a à traverser un nouveau milieu. 4°. La peinture des objets sur la retine est renversée. Supposons que l'objet VXY se peigne au fond de l'œil, le point Y qui est à la droite aura sa place dans l'œil à la gauche vers G, & le point

V qui eſt à la gauche l'aura à la droite vers I ; de même ſi l'objet a de la hauteur, le point le plus élevé ſe peint ſur la partie baſſe, & le point le plus bas ſur la partie haute de la retine. La raiſon en eſt que les cones de lumiere qui viennent des extrémités d'un objet ſe croiſent en entrant dans l'œil, de façon que le cone qui vient du côté gauche de l'objet tend vers le côté droit du fond de lœil. Cela eſt évident par ce qui a été dit de la figure conique que la lumiere forme lorſqu'on la fait paſſer par une petite ouverture, car les rayons qui viennent du côté droit vont ſe terminer vers le côté gauche de l'ouverture après qu'ils l'ont rencontrée ; & ceux qui viennent du côté gauche de l'objet ſe rangent du côté droit de la même ouverture. L'image doit donc être renverſée. 5°. Suivant les remarques précedentes, la prunelle s'élargit à une lumiere foible, & elle s'étrecit à une lnmiere vive & abondante. Cela eſt néceſſaire pour que les objets ſe peignent diſtinctement, une plus grande ouverture donne paſſage à une plus grande quantité de lumiere & ſupplée à ce qui manque du côté de la force, & une moindre ouverture de la prunelle écarte les rayons, qui par une force ſuperflûe & nuiſible pourroient bleſſer l'organe & travailler à ſa deſtruction, ou du moins y produire par trop de vivacité des ébranlemens irréguliers qui ſeroient nuiſibles à la viſion. Les ligamens ciliaires qui tiennent le criſtallin comme ſuſpendu entre l'humeur aqueuſe & l'humeur vitrée le compriment, & le rendent plus convexe, ou bien ils l'applatiſſent un peu ſuivant le beſoin ; & les muſcles extérieurs qui ſont attachés à la partie poſtérieure de l'œil produiſent ſur le globe entier des changemens ſemblables. Car ſi l'œil entier & ſes parties gardoient exactement & invariablement la même figure, on n'appercevroit diſtinctement que les objets qui ſeroient à une certaine diſtance ; ſçavoir, ceux dont les rayons après avoir traverſé les trois humeurs, & s'y être diverſement pliés peindroient ſur la retine une image diſtincte ; mais les objets qui ſeroient plus ou moins éloignés envoyeroient

des rayons qui tomberoient ſur l'œil avec une divergence plus ou moins grande, donc ils arriveroient à la retine étant encore divergens ou bien le point de concours ſe feroit avant qu'ils y arrivaſſent, & l'image tracée par ces pinceaux optiques étant néceſſairement confuſe, la viſion qui en eſt une ſorte de copie ſe reſſentiroit auſſi de la confuſion. Je dis que la viſion eſt en quelque ſorte une copie de l'image tracée au fond de l'œil, en tant que les mouvemens imprimés aux filets du nerf optique ou de la retine l'excitent dans l'ame : or ſi pluſieurs rayons venans de divers points produiſent des ébranlemens qui ſe compoſant en un ſeul, ne faſſent naître qu'une ſeule impreſſion, tous ces points quoique très-diſtincts en eux-mêmes ne ſeront apperçûs que comme un ſeul & même point, qui participera à la reſſemblance de chacun en particulier; mais qui ne reſſemblera parfaitemenr à aucun; c'eſt ce mélange de divers mouvemens qui rend la viſion confuſe.

6. Ce n'eſt point inutilement que la choroïde & l'uvée ſont noires. Le noir eſt propre à amortir ou à émouſſer & à temperer la trop grande vivacité de la lumiere. Dans les pinceaux optiques il y a toujours quelques rayons qui ſe refléchiſſent vers différens côtés, ou que certains obſtacles empêchent de ſe rompre ou de ſe refracter régulierement : or ces rayons venant à ſe mêler avec d'autres en troubleroient les fonctions; mais ſi à la rencontre de la choroïde & de l'uvée ils perdent leur force, cet inconvenient n'eſt plus à craindre.

*De la viſion en elle-même & par rapport à ſes différentes circonſtances.*

7. On vient de voir que les objets du dehors peignent au moyen des pinceaux optiques leurs images au fond de l'œil ſur la retine, & qu'ils ébranlent en même tems les filets qui compoſent cett membrane, & qui ſont un épanouiſſement du nerf optique, qui tire ſon origine du cerveau. Il eſt plus que vrai ſemblable que ces mouvemens

ne se terminent point à la retine & qu'ils se transmettent jusqu'au cerveau, car ces filets sont comme autant de cordes d'instrument qui étant pincées ou legerement touchées en un seul point, ne laissent pas d'être ébranlées & de tremousser dans toute la longueur; ces ébranlemens particuliers des filets du nerf optique ont une certaine analogie avec les pinceaux optiques qui les produisent ou avec les points de l'image qu'ils peignent: or de même que ces pinceaux ou les points de l'image ont des différences qui les font distinguer, ainsi les mouvemens des filets du nerf optique se transmettent jusqu'au cerveau ou jusqu'à leur origine sans se confondre & se mêler ensemble, & gardent entr'eux une distinction aussi grande qu'il y a entre les différens points de l'image tracée sur la retine ou entre les pinceaux qui la peignent, ensorte que l'on peut dire qu'il se forme comme une seconde image de l'assemblage de tous ces mouvemens particuliers, laquelle a un rapport immédiat à la vision qu'elle excite ou qu'elle occasionne: en effet les nerfs sont l'organe du sentiment, & l'ame n'est avertie de ce qui se passe au-dehors qu'autant que l'organe est touché ou ébranlé; il faut donc placer le siége du sentiment dans l'endroit où l'ébranlement se termine sans pénetrer plus avant, c'est-à-dire à l'origine des nerfs. On peut donc conclure que la vision est l'effet de l'ébranlement que les rayons de la lumiere excitent au fond de l'œil, & qui étant communiqué au nerf optique se transmet jusqu'au cerveau où l'ame est aussi-tôt avertie des circonstances qui ont donné lieu à un tel ébranlement; & que c'est dans cette sensation ou perception que la vision consiste.

8. Pour en venir aux circonstances de la vision on supposera que les objets sont vûs dans l'endroit d'où les rayons de la lumiere paroissent venir en dernier lieu. Cette supposition est un principe naturellement connu. Il est naturel de rapporter un effet à sa cause & de la placer en quelque endroit de sa direction, ou dans la direction suivant laquelle elle nous paroît agir: or les rayons de la lumiere exci-

tent en nous la viſion, de plus nous ſçavons & nous jugeons naturellement que les objets les envoyent en droite ligne; par conſéquent nous les rapportons à l'endroit d'où ils paroiſſent venir en dernier lieu, & c'eſt là que nous voyons les objets.

9. Il paroîtroit d'abord en ſuivant ce principe que les rayons qui viennent d'un point ſenſible d'un objet devroient nous faire voir ce point multiple ou dans pluſieurs endroits. Car les rayons qui viennent d'un tel point ſont d'abord divergens, ils forment un cone qui a pour baſe la prunelle, mais en traverſant les trois humeurs ils ſe plient & vont ſe réunir en un même point ſenſible de la retine: or en concourant de la ſorte ils preſſent la retine ſuivant différentes directions, faiſant entr'eux divers angles: ainſi quoiqu'ils concourent en un même point, cependant ils paroiſſent venir de pluſieurs endroits, donc ſuivant le principe qu'on vient de poſer, ils devroient faire voir le point d'où ils viennent en premier, dans pluſieurs endroits ou en multiplier la viſion. M (*Fig.* 23.) eſt le point ſenſible d'où coulent les rayons qui tombent ſur la prunelle repréſentée par FA, & après s'être refractés dans les trois humeurs vont ſe réunir au point C de la retine, & la preſſent ſuivant les directions AC, BC, DC, EC, FC, & paroiſſent venir ſuivant ces directions, donc le point M devroit être apperçû ou vû dans chacune de ces directions & paroître multiple.

10. Cela arriveroit de la maniere qu'on le prétend, & la conſéquence qu'on tire du principe ſeroit vraie, ſi chaque rayon en particulier avoit aſſez de force pour émouvoir ſenſiblement l'organe de la vûe, & indépendemment de l'action des autres; mais chaque rayon lineaire eſt trop foible pour ſe faire ſentir tout ſeul ſans le ſecours des autres; ainſi le point M n'eſt apperçû que par l'action conjointe de tous ces rayons particuliers laquelle eſt dirigée ſuivant CM. Il en eſt de la preſſion reſultante des preſſions particulieres des rayons comme de l'impulſion qu'un corps reçoit étant tiré par pluſieurs puiſſances à la fois, il ne ſuit

la détermination d'aucune en particulier, son mouvement est composé de toutes les forces particulieres qui lui sont appliquées, sans qu'aucun puisse produire son effet distinct & separé. Donc quoique les rayons qui partent du point M exercent leurs actions particulieres après s'être rompu suivant plusieurs directions, cependant la pression totale qui en résulte, & qui est la seule sensible n'est dirigée que vers un même endroit, c'est pourquoi le point M doit paroître unique & non multiple suivant la multitude des directions particulieres.

11. Les objets se peignent au fond de l'œil renversés & cependant on les voit droits. Cela cessera de paroître surprenant si on fait réflexion que les rayons qui viennent de la gauche peignent la partie de l'image qui est à la droite, & que ceux qui viennent de la droite peignent la partie gauche; donc suivant le principe on doit rapporter la partie de l'image qui est à la droite vers la gauche, & la partie qui est à la gauche vers la droite: ainsi les objets doivent paroître droits, quoique leur peinture sur la retine soit renversée. Un aveugle qui tient deux bâtons un de chaque main, & qui presse le pavé en les tenant croisés rapporte naturellement la pression qu'il reçoit à la main droite, au côté gauche, & celle de la main gauche au côté droit: il en est de même des pinceaux optiques, ils se croisent, ceux du côté gauche de l'objet peignent le côté droit de l'image; l'impression qu'ils font sur l'œil se rapporte donc au côté gauche de l'objet, & point du tout au côté droit; les objets doivent donc paroître dans leur situation naturelle.

12. Tant qu'on ne regarde un objet que d'un œil on le voit seul & unique, mais si on le regarde de deux yeux il y a des cas où l'on le voit double. On pourroit même demander, pourquoi on ne voit pas toujours les objets doubles lorsqu'on les regarde des deux yeux, puisque chaque œil reçoit son impression à part & indépendemment de l'autre. Pour satisfaire à la question proposée, on observera qu'ordinairement en regardant un objet, on diri-

ge la vûe de maniere que les pressions totales qu'exercent sur les deux retines les rayons qui viennent d'un même point sont dirigées l'une & l'autre par un mouvement retrograde vers ce point ; pour lors on ne doit voir des deux yeux qu'un seul point ou un seul objet, puisque les pressions causées par les deux cones de lumiere ne se rapportent qu'à un seul & même objet, & que d'ailleurs on voit un objet dans l'endroit d'où les rayons de lumiere paroissent venir en dernier lieu ; mais si l'on dirige la vûe de maniere que les deux pressions totales résultantes des actions particulieres des rayons de chaque cone tendent ou se rapportent vers des points différens, pour lors quoique les rayons qui produisent la vision partent d'un même point cependant ils feront voir l'objet double, parceque les pressions causées sur les deux retines sont dirigées ou se rapportent à des points différens. C'est ce qui arrive lorsqu'on regarde de l'œil droit un objet & qu'on tâche de voir en même tems d'autres objets ou points situés à la gauche, & qu'en regardant le même objet de l'œil gauche on s'efforce de voir d'autres objets ou points situés à la droite ; pour lors on verra l'objet double, parce que chaque œil le rapporte en un lieu différent.

*De la distance & de la grandeur apparente des objets.*

13. Il y a divers moyens de juger de la distance des objets en les regardant. 1°. On dirige la vûe vers un point, & les rayons visuels qui en viennent ou qui y tendent font un angle qui a pour base la distance qui est entre les centres des globes des deux yeux : or comparant par une géométrie naturelle la base avec les côtés, ou l'angle qu'ils comprennent avec ceux qui sont sur la base, on juge que les objets sont plus ou moins éloignés ; plus la base paroît petite par rapport aux côtés, plus on juge l'objet éloigné, il en est de même si on apperçoit que l'angle qui est entre les rayons visuels est très-petit par rapport à ceux qui sont sur la base. 2°. Le changement qui arrive à la figure de l'œil peut être un moyen de comparaison & faire con-

noître à l'ame, si la distance qui est entre les deux yeux comparée aux rayons visuels qui sont les côtés de l'angle auquel elle sert de base est grande ou petite. Car on a vû que la figure de l'œil doit changer quelque peu selon que les objets sont plus ou moins éloignés, afin que la vision soit distincte, & le changement doit être proportionné à la distance. 3°. Toutes choses étant d'ailleurs égales, les objets éloignés envoyent moins de lumiere que s'ils étoient proches, parce que la lumiere s'affoiblit à mesure qu'on la reçoit à des plus grandes distances de l'objet éclairé ou lumineux, donc le degré de force dans la lumiere qu'un objet envoye est un autre moyen de connoître son éloignement. 4°. Les corps interposés peuvent avoir le même usage, plus on apperçoit de corps entre soi & un objet, plus on le juge éloigné; un édifice qui sera au bout d'une allée bornée de deux rangées d'arbres paroîtra plus éloigné que si on le voyoit de la même distance dans une campagne rase. C'est peut-être aussi pour cette raison que nous jugeons les astres qui sont à l'horison plus éloignés que lorsqu'ils ont une grande hauteur, car lorsqu'ils sont à l'horison, nous voyons une longue suite d'objets entre deux, ce qui nous les fait juger fort éloignés; mais lorsqu'ils sont montés à une grande hauteur nous perdons de vûe ces objets, & en conséquence leur éloignement paroît moindre. Une autre raison peut nous faire croire que les astres à l'horison sont plus éloignés qu'étant arrivés au méridien. Car comme il vient d'être dit, moins un même objet envoye de lumiere à l'œil plus on le croit éloigné; or la lumiere des astres à l'horison est beaucoup plus foible que lorsqu'ils sont arrivés au méridien ou à une grande hauteur: deux causes produisent cet affoiblissement de la lumiere. 1°. les vapeurs qui sont en plus grande quantité près de l'horison amortissent un grand nombre de rayons. 2°. La lumiere des astres à l'horison a une plus grande masse d'air à traverser, ce qui fait qu'elle rencontre plus de parties solides qui la réflechissent & qui en diminuent d'avantage la force.

La grandeur apparente des objets peut être considérée sous deux rapports. 1°. Dans l'ame en tant que c'est une sensation ou une perception suivant laquelle on juge qu'une chose est plus ou moins grande. 2°. Audehors en tant qu'on attribue à cette grandeur une mesure & qu'on en détermine le rapport. La grandeur réelle d'un objet, c'est l'espace qu'il occupe suivant la triple dimension, de longueur de largeur & de profondeur. La grandeur apparente dans le premier sens est sujette à une grande variation, & elle dépend beaucoup de l'imagination. La grandeur apparente dans le second sens est mesurée ou déterminée par l'angle que forment les rayons visuels qui partent des extrémités d'un objet, cet angle augmente lorsqu'on s'approche de l'objet & il diminue lorsqu'on s'en éloigne. On le nomme angle optique, angle visuel ou de la vision; il a pour base le diamétre de l'objet; ce diamétre demeure toujours le même, mais l'apparence ou la sensation qu'on en a est sujette aux mêmes variations que l'angle auquel il sert de base; c'est pourquoi on distingue entre le diamétre réel d'une chose & son diamétre apparent; puisque le diamétre apparent d'une chose varie suivant l'éloignement, il est aisé d'appercevoir que l'image qui s'en forme au fond de l'œil varie de même, ainsi plus un objet est éloigné, plus le diamétre de l'image qu'il peint au fond de l'œil est petit. Lorsque la distance d'un objet est connue, on détermine son diamétre réel en observant l'angle de la vision; mais si la distance est inconnue on ne peut avoir que son diamétre apparent. On va d'abord considérer la grandeur apparente sous les deux rapports qu'on y a distingués; c'est-à-dire en tant qu'elle dépend de l'imagination, & en tant qu'elle est mesurée par l'angle de la vision.

14. Si plusieurs objets sont vûs à des distances qu'on juge égales sous des angles optiques égaux, leurs grandeurs apparentes sont égales; car on est naturellement porté à supposer qu'il y a égalité entre les choses qui ne laissent voir aucune différence; c'est pourquoi nous som-

mes portés à juger que le Soleil & la Lune ont des grandeurs égales, parce que leurs diſtances paroiſſant égales, on les apperçoit ſous des angles optiques égaux; cependant l'Aſtronomie nous apprend que le Soleil étant beaucoup plus éloigné, ſa grandeur réelle ſurpaſſe à proportion celle de la Lune.

15. Si des objets que l'on juge être également diſtans ſont apperçûs ſous des angles inégaux, il paroiſſent avoir des grandeurs inégales : c'eſt ainſi que plaçant les étoiles à la même diſtance que la Lune, elles nous paroiſſent pluſieurs fois plus petites que cette planete, parce qu'elles ſont apperçûes ſous des angles optiques beaucoup plus petits. Si divers objets qu'on juge à des diſtances inégales ſont apperçûs ſous le même angle optique ou ſous des angles égaux, ils auront des grandeurs apparentes inégales; ainſi un homme de 4 pieds à la diſtance de 8 toiſes paroît plus petit qu'un homme de 6 pieds à la diſtance de 12 toiſes quoiqu'ils ſoient vûs tous deux ſous le même angle, puiſque les grandeurs réelles ſont proportionnelles aux diſtances. C'eſt-là le cas où l'imagination influe beaucoup ſur la perception des objets, & nous les repréſente plus grands qu'ils ne devroient paroître eu égard à l'image qui s'en forme ſur la retine, & eu égard à l'angle ſous lequel ils ſont apperçûs. De même la Lune & le Soleil paroiſſent plus grands à l'horiſon qu'étant au méridien, cependant l'angle de la viſion eſt à peu près le même ſi on l'obſerve lorſque les aſtres ſont à l'horiſon & au méridien.

16. Des célébres Mathematiciens ont cherché qu'eſt-ce qui hors de nous pouvoit donner lieu d'imaginer les diamétres du Soleil & de la Lune plus grands à l'horiſon qu'au méridien, ou plus grands qu'ils ne devroient paroître eu égard à l'angle de la viſion ou au diamétre de la peinture qui s'en forme au fond de l'œil, & toutes choſes bien conſidérées, ils ont conclu de leurs raiſonnemens que l'inégalité apperçûe entre les diſtances du Soleil & de la Lune à l'horiſon & au méridien, étoit le fondement

de la différence qui eſt entre les deux ſenſations ou perceptions. En effet les aſtres à l'horiſon nous paroiſſent plus éloignés qu'au méridien ; on a déduit les raiſons de cette apparence, on peut en apporter encore une qui prouve cela d'une maniere bien ſenſible, c'eſt que la voute apparente du Ciel qui devroit être ſpherique ſi la viſion portoit également loin autour de nous, eſt cependant élliptique ou en arc ſurbaiſſé : cela fait voir que les diſtances apparentes ou apperçûes ſont inégales, plus grandes près de l'horiſon, moindres à meſure qu'on regarde plus près du Zénit ; on verra bientôt plus particulierement pourquoi le Ciel a l'apparence d'une voute un peu écraſée. Pour ce qui eſt de l'exemple des deux hommes qui étant placés à des diſtances proportionnelles à leurs vraies grandeurs, & qui étant apperçûs ſous le même angle ou ſous des angles égaux paroiſſent néanmoins avoir des hauteurs inégales, il eſt viſible qu'il n'y a que la différence des diſtances qui puiſſe faire juger d'un jugement naturel ou non refléchi que celui qui eſt le plus éloigné eſt le plus grand.

*L'angle optique meſure de la grandeur apparente, & les Phenomenes expliqués dans cette ſuppoſition.*

17. Dans ce qui ſuit on n'aura point égard aux effets & au pouvoir de l'imagination. On déterminera la grandeur apparente par l'angle optique formé entre les deux rayons de lumiere qui concourent au centre de la prunelle, & qui a pour baſe une des dimenſions de l'objet, ou un de ſes diamétres. Cela poſé, la grandeur apparente d'un objet augmente & diminue ſelon qu'on s'en approche ou qu'on s'en éloigne ; car l'angle de la viſion diminue ſi on s'éloigne, & augmente ſi on s'approche, ainſi que la Géometrie le démontre; ſçavoir, que les angles qui ont des baſes égales, & des côtés inégaux ſont inégaux, & que le plus grand eſt compris entre les côtés les moins longs. On peut déduire de ce principe d'optique pluſieurs apparences qu'il eſt aiſé d'obſerver lorſque l'occaſion s'en préſente.

18. 1°. Si l'œil eſt placé entre deux rangées d'arbres paralleles entr'elles, elles paroîtront s'approcher vers l'extrémité oppoſée. Car quoiqu'elles ſoient également diſtantes dans toute leur longueur, néanmoins ces intervalles ſont apperçûs de diſtances inégales, ou ce qui eſt la même choſe, les angles optiques auxquels ils ſervent de baſes ont leurs côtés inégaux, qui augmentent à meſure que la vûe ſe porte à des plus grandes diſtances; donc ces angles ou les grandeurs apparentes de ces intervalles égaux diminuent par l'allongement des rayons viſuels ou par le prolongement des diſtances, donc les deux rangées d'arbres doivent paroître inclinées l'une à l'autre, & s'approcher vers l'extrémité oppoſée. Par une raiſon ſemblable les murs d'un grand édifice comme d'une Egliſe ou d'une Galerie, doivent auſſi paroître s'approcher vers l'autre bout quoiqu'ils ſoient paralleles. Il en ſera de même de la voute par rapport au pavé, ou du ciel de la Galerie par rapport au plancher; l'intervalle eſt le même dans toute la longueur de l'édifice, mais parce qu'il termine les côtés de divers angles optiques qui diminuent continuellement, il paroîtra inégalement grand, c'eſt pourquoi on verra les deux murs moins écartés vers le bout qui borne la vûe, & il ſemblera que le pavé s'éleve vers la voute & que la voute s'abbaiſſe vers le pavé.

19. 2°. La voute apparente du Ciel à la figure elliptique ou d'un arc ſurbaiſſé. Cette apparence dépend de deux cauſes. On va d'abord déveloper la premiere, l'autre a une liaiſon néceſſaire avec le principe d'optique qu'on vient de poſer. Suppoſons que ABD (*Fig.* 24.) repréſente la terre, LOPH l'atmoſphere ou la maſſe d'air qui l'environne. On ſeroit d'abord porté à croire que la terre n'étant que comme un point par rapport à la vaſte étendue des cieux, la portion que nous en découvrons devroit être ſpherique; car étant au centre & la vûe pénétrant de tous les côtés également loin, la ſurface viſible devroit paroître également concave dans toutes ſes parties ou affecter

la figure ſpherique. Cette raiſon perdra beaucoup de ſa force, ſi on fait refléxion que nous voyons la voute apparente du ciel principalement par la lumiere reflechie. Si durant le jour nous ne recevions que la lumiere directe du Soleil, il n'y auroit que la partie du ciel à laquelle cet aſtre répond qui ſeroit viſible, tout le reſte ſeroit dans l'obſcurité, puiſque l'œil ne recevroit que la lumiere directe de l'aſtre vers lequel il ſeroit tourné; mais une partie de la lumiere que le Soleil lance vers la terre venant à traverſer l'atmoſphere rencontre les parties ſolides de l'air & eſt reflechie en tous ſens: dans ces différens chocs des particules de la lumiere contre les molecules d'air, il y a pluſieurs rayons qui ſont amortis ou qui perdent leur force; mais il y en a un grand nombre qui après un certain nombre de refléxions arrivent juſqu'à la ſurface de la terre, & c'eſt cette lumiere, en tant quelle eſt reflechie par l'air environnant qui forme la voute apparente du ciel. Car ſuivant ce qui a été dit plus haut l'on voit les objets dans l'endroit d'où les rayons viſuels paroiſſent venir en dernier lieu, ou ce qui eſt la même choſe, la vûe ſe termine à cet endroit là même. Cela poſé, ſuppoſons que l'air qui peut reflechir la lumiere vers la terre occupe la hauteur AL, ſi du point A on tire une tangente HAO au globe terreſtre, elle repréſentera l'horiſon ſenſible, & l'arc HLO la portion d'air qui envoye la lumiere par refléxion; donc la vûe ſera terminée ou bornée par l'arc HOL; or cet arc quoique ſpherique ou circulaire a cependant la figure d'un arc ſurbaiſſé, parce qu'il n'eſt pas en plein centre étant beaucoup moindre que la demie circonférence, donc la ſeule refléxion de la lumiere à la rencontre des parties ſolides de l'atmoſphere ſuffit pour donner à la voute apparente du ciel la figure d'un arc ſurbaiſſé. Mais ſi on imagine des perpendiculaires tirées de tous les points de l'arc HLO ſur l'horiſon HO, elles repréſenteront les hauteurs de ſes différentes parties, & ſi ces hauteurs étoient toutes égales, l'horiſon paroîtroit s'élever vers le ciel & le ciel s'abbaiſſer vers l'horiſon, comme feroient deux planchers

l'un inférieur & l'autre ſuperieur : ainſi quand même les hauteurs apparentes du ciel au deſſus de l'horiſon ſenſible ſeroient égales, le ciel & l'horiſon paroîtroient s'approcher l'un de l'autre; mais elles ſont inégales, donc demeurant inégales leur grandeur apparente ſera diminuée & plus diminuée vers les bords de l'horiſon que près de l'œil du ſpectateur; ce qui rendra l'arcHOLmoins tranché ou moins aigu, & par conſéquent un peu plus convexe vers les extrémités HO, & le fera paroître preſque comme une demie ellipſe. Puiſque l'horiſon doit ſembler monter vers le ciel, il s'enſuit que la pleine mer qui fait partie de l'horiſon doit paroître plus haute que le rivage. Une autre cauſe peut concourir à produire cette apparence, ſçavoir, la réfraction de la lumiere, car les rayons qui ſont entrés dans l'eau & qui en ſortent enſuite ſe plient vers l'œil, & élevent les parties refléchiſſantes de l'eau : car le fond d'un vaiſſeau plein d'eau paroît plus élevé que quand le vaiſſeau eſt vuide, ce qui s'entendra mieux lorſqu'on en ſera à la réfraction.

20. Lorſqu'on dit que la grandeur apparente d'un objet diminue à meſure qu'on s'en éloigne. Cela ſuppoſe qu'aucune nouvelle matiere ne ſe joint point à ſa maſſe pour la faire paroître plus grande : ſi on regarde, par exemple, un flambeau au milieu d'une nuit obſcure il paroîtra plus grand de loin que de près ; ce qui n'infirme point le principe dont il s'agit. Car les particules ignées qui s'échappent continuellement communiquent à l'air environnant une clarté que l'œil, de loin, ne diſtingue point de la lumiere propre du flambeau ; c'eſt cette clarté qui le fait paroître plus grand lorſqu'on le regarde de loin, & qui eſt de nul effet lorſque l'œil eſt proche, parce qu'il eſt alors à portée de diſtinguer cette fauſſe lumiere d'avec la véritable ; que ſi de loin l'œil n'appercevoit que la lumiere propre du flambeau elle paroîtroit plus petite qu'étant regardée de près.

21. Les grandeurs apparentes d'un même objet ſont ſuivant le principe ſuppoſé comme les angles ſous leſquels on l'apperçoit de différentes diſtances : or ſi ces angles

ſont fort petits, ils ſeront ſenſiblement dans la raiſon reciproque des diſtances ; à une diſtance deux ou trois fois plus grande, l'angle optique ſera deux trois fois moindre. Si par exemple la diſtance DC (*Fig.* 25.) eſt double de la diſtance CA, l'angle optique BDC ſera ſeulement la moitié de l'angle optique BAC en ſuppoſant qu'ils ſont tous deux fort petits. Car l'angle exterieur BAC eſt égal aux deux intérieurs oppoſés ACD, ADC, or ces deux angles ſont ſenſiblement comme les côtés appoſés AD, AC ; donc l'angle BAC ſera à l'un de ces deux angles, par exemple, à l'angle ADC comme les deux côtés AD & AC pris enſemble ſont au côté AC oppoſé à l'angle D ou comme la diſtance, DC, laquelle eſt à peu prês égale à la ſomme des côtés AD AC, eſt à la diſtance AC. Donc les grandeurs apparentes de l'objet BC, c'eſt-à-dire les angles BAC, BDC ſous leſquels on l'obſerve des diſtances CA, CD ſont réciproquement comme ces diſtances.

22. L'Aſtronomie nous apprend que les planetes ne ſont point toujours à la même diſtance de la terre ; ainſi leur grandeur apparente eſt variable ; & parce que les angles optiques ſous leſquels on les obſerve ſont très-petits, les grandeurs apparentes ſont dans la raiſon réciproque des diſtances à la terre : or une planete eſt dans ſa moindre diſtance lorſqu'elle eſt perigée, & dans ſa plus grande lorſqu'elle eſt dans ſon apogée ; ainſi une planete doit paroître la plus grande lorſqu'elle eſt perigée, & la moindre lorſqu'elle eſt apogée : mais une planete ne ſçauroit être dans ſa moindre ou ſa plus grande diſtance à l'égard de la terre, que la diſtance de la terre à la planete ne ſoit auſſi la moindre ou la plus grande ; donc la grandeur apparente de la terre étant obſervée de deſſus la planete ſeroit alors la plus grande ou la moindre. Donc le tems le plus favorable pour obſerver cette grandeur ou l'angle ſous lequel le demi diamétre de la terre paroîtroit à un obſervateur placé ſur la planete, c'eſt lorſqu'elle eſt perigée ou lorſqu'elle eſt la plus proche. C'eſt cet angle opti-

que qu'on appelle la parallaxe de la planete, lequel étant connu donne ſa diſtance à la terre.

23. Pour bien voir un objet l'angle optique ou de la viſion ne doit point exceder 90 degrés. C'eſt l'expérience qui a fait découvrir que la vûe pouvoit s'accommoder de cette ouverture; ſi l'angle optique étoit obtus, l'arc qu'il embraſſeroit auroit trop d'étendue, la vûe ſeroit peine & ne ſe fixant ſur aucune partie de l'objet rien ne paroîtroit bien diſtinct. C'eſt ſur cette regle qu'eſt fondé l'uſage, lorſqu'on veut juger de l'effet d'un morceau d'architecture, de s'éloigner du pied au moins d'autant qu'il a de hauteur, car pour lors la perpendiculaire tirée du centre de la prunelle fait un angle de 45 degrés avec le rayon viſuel qui raſe le ſommet, de ſorte que ſi la hauteur de l'édifice étoit continuée autant au-deſſous de la perpendiculaire, l'angle viſuel ſeroit droit; on obſerve même que l'œil peine encore ſous l'angle droit, & que pour être à ſon aiſe l'angle viſuel ne doit être que d'environ 60 deg. Si cet angle étoit enſuite de beaucoup moindre, certaines parties remarquables échapperoient à la vûe ou paroîtroient confuſes.

24. On a dit que la grandeur apparente d'un objet diminue lorſqu'on s'en éloigne, & qu'elle augmente lorſqu'on s'en approche. Cela ſuppoſe qu'il demeure toujours dans la même ſituation, car s'il en changeoit le contraire pourroit arriver; ſuppoſons qu'un objet eſt expoſé directement à la vûe, & que les rayons viſuels ſont des angles égaux avec le diamétre qui les termine, enſorte que le triangle qui eſt formé des deux rayons viſuels & de ce diamétre ſoit iſoſcele, ſi l'objet vient à s'incliner de maniere que le même diamétre faſſe des angles inégaux avec les rayons viſuels, la grandeur apparente diminuera quoique l'œil le regarde de la même diſtance; elle pourra même diminuer quoique l'œil s'approche; ſçavoir, ſi les rayons viſuels deviennent de plus en plus obliques à la grandeur qui les termine & qui ſert de baſe à l'angle viſuel.

25. Si on regarde une ſphere de près on en voit une moindre partie que ſi on la regarde de loin. Car les rayons viſuels qui comprennent la partie viſible ſont autant des tangentes de la ſphere : or plus les tangentes ſont courtes plus l'arc qu'elles comprennent eſt petit, plus elles ſont longues plus cet arc eſt grand ; donc plus l'œil eſt proche plus la partie viſible eſt petite; plus il eſt éloigné, plus elle eſt grande. Plus les tangentes d'un cercle ou d'une ſphere ſont courtes, plus l'angle qu'elles forment eſt grand, donc plus la portion viſible d'une ſphere eſt petite plus l'angle viſuel eſt grand, & plus la partie viſible eſt grande plus l'angle viſuel eſt petit. Quelque grande que ſoit la diſtance d'où l'on regarde une ſphere, la partie viſible ſera toujours moindre qu'un hemiſphere ; car tant que les rayons viſuels ſont entr'eux un angle, l'arc qu'ils comprennent eſt moindre que la demie circonférence; car s'il étoit égal à la demie circonférence, les deux tangentes entre leſquelles il ſeroit compris ſeroient paralleles : par conſéquent quelque grande que ſoit la diſtance d'où l'on regarde une ſphere, on n'en voit jamais la moitié. Cependant lorſque l'angle viſuel eſt extrémement petit, tel qu'on l'obſerve à l'égard de la plûpart des planetes, les rayons viſuels ſont alors ſenſiblement paralleles, & la partie viſible eſt auſſi ſenſiblement égale à la moitié de la ſphere; mais les diamétres apparens du Soleil & de la Lune obſervés de la terre, ſoutendent des angles d'environ un demi degré ; par conſéquent nous ne voyons jamais la moitié de leurs ſurfaces. Voyez la figure 26 où l'arc CE compris entre les tangentes CA EA qui ſont deux rayons viſuels de l'angle optique CAE eſt moindre que l'arc CB compris entre les rayons viſuels CD, BD qui ſont les côtés de l'angle optique BDC moindre que CAE.

26. Si pluſieurs objets étant ſur une même ligne éloignés les unes des autres, ont des hauteurs proportionnelles aux diſtances à l'œil, en ſorte qu'ils ſoient tous apperçus ſous un même angle, le moindre qui eſt le plus proche de l'œil cachera tous les autres qui ſont derriere

lui ; cela est évident, puisqu'un des rayons visuels qui forment l'angle optique passe par les sommets de tous les objets. Si l'œil s'éloigne d'avantage, l'angle visuel que le moindre objet soutient diminuera, ou ce qui est la même chose, le rayon visuel qui passera par le sommet s'approchera de celui qui passe par l'extrémité inférieure & coupera par conséquent les objets qui sont derriere, donc le moindre objet laissera voir quelque partie des objets qu'il cachoit entierement ; & si l'œil s'éloigne encore davantage, le rayon visuel qui passera par le sommet du moindre objet, s'approchera aussi de celui qui passe par l'extrémité inférieure, & l'œil découvrira une plus grande partie dans les objets qui sont derriere. La même chose arriveroit si l'œil & le plus petit des objets restant dans la même place, tous ceux qui sont derriere & qui sont les plus grands s'approchoient du moindre. Dans la Fig. 27 les distances AB AE AG étant proportionnelles aux hauteurs BC EF GH, la moindre BC cache toutes les autres ; mais si l'œil s'éloigne en D, le rayon DCIL plongera, l'angle LDG étant moindre que HAG, & la moindre hauteur BC laissera voir les parties IF LH.

27. On peut déduire de là la raison pourquoi dans certaines éclipses centrales du Soleil, la Lune cache tout le disque de l'astre qu'elle éclipse, & dans d'autres elle en laisse voir une partie. Si les diamétres des deux astres sont proportionnels à leurs distances à la terre, ils seront vûs sous un même angle, ou ce qui est la même chose, les grandeurs apparentes seront égales ; pour lors la Lune éclipsera ou cachera tout le disque du Soleil : si la distance qui est entre les deux astres demeurant la même, la terre se trouve plus proche de la Lune, ou bien si la Lune s'approche de la terre & que le Soleil s'en éloigne, comme lorsque la Lune est dans le périgée, & que le Soleil est dans l'apogée, le diamétre apparent de la Lune sera plus grand que le diamétre apparent du Soleil, pour lors l'éclipse centrale sera non seulement totale, mais el-

le la feroit auffi quand même le Soleil feroit encore plus grand qu'il n'eft. Si enfin la Lune fe trouve plus éloignée de la terre, comme lorfqu'elle eft apogée, & que le Soleil en foit plus proche comme lorfqu'il eft périgée, le diamétre apparent de la Lune fera moindre, & pour lors une éclipfe de Soleil pourra être centrale fans être totale, parce que l'excédent du diamétre apparent du Soleil formera autour du globe de la Lune une couronne lumineufe.

28. L'intervalle qui eft entre les deux yeux ou entre les centres des prunelles, empêche que certains petits corps qui fe trouveroient au devant ne cachent les objets. Suppofons que AB (*Fig.* 28. 29. 30.) foit la diftance des centres des deux prunelles, GH le corps qui fe trouve au devant, DE l'objet expofé à la vûe; fi les rayons vifuels AC BC qui paffent par les extrémités du corps interpofé GH fe croifent fur l'objet en un point C (*Fig.* 28.), il n'en cachera aucune partie, car la partie CE fera vifible à l'œil B, & la partie DC à l'œil A: ainfi l'objet entier pourra être vû; la même chofe arrivera fi les rayons vifuels AC, BC (*Fig.* 29.) fe coupent entre l'objet & le corps interpofé GH; mais s'ils fe rencontrent au-delà de l'objet (*Fig.* 30.) la partie IL qui fera comprife entre ces rayons demeurera cachée.

### *De la vifion ou de l'apparence des figures.*

29. Un même corps peut être vû fous différentes figures felon le côté qui eft tourné vers l'œil, il n'y a que la fphere qui préfente toujours la même face ou une face parfaitement uniforme; les autres grandeurs foit lignes, foit furfaces ou folides, ont diverfes apparences felon qu'elles font fituées à l'égard de l'œil.

1°. Si une ligne droite eft fituée de maniere qu'étant prolongée elle puiffe enfiler la prunelle perpendiculairement par fon centre, fon apparence ne fera qu'un point, car l'extrémité vifible cachera tous les autres points qui font derriere; & fi cette ligne eft l'axe d'un prifme, par

exemple d'un cylindre, l'œil ne verra que la baſe du même ſolide. Si l'œil regarde obliquement une ligne droite, elle aura toujours l'apparence d'une ligne droite, mais plus ou moins grande, ſelon que l'angle viſuel qu'elle ſoutendra ſera plus ou moins grand; elle paroîtra la plus grande lorſqu'elle ſera les mêmes angles avec les rayons viſuels, ou qu'elle ſera la baſe d'un triangle iſoſcele, l'œil étant ſuppoſé à la même diſtance.

30. Si une ſurface plane tranche la prunelle perpendiculairement par ſon centre, ſon apparence ſera une ligne droite, car cette ſurface étant compoſée de lignes droites, les moins longues ſe rapporteront à la plus longue de toutes, ſuppoſé qu'elles ſoient plus proches de l'œil, ou ſi la plus longue en eſt plus près, elle cachera toutes les autres, ainſi la ſurface ſera vûe comme une ligne droite. Si l'œil regarde obliquement une ſurface plane, l'apparence ſera variable ſuivant que les rayons viſuels ſeront plus ou moins obliques; ſi c'eſt un cercle il paroîtra comme une ellipſe; ſi l'œil eſt ſur l'axe du cercle, ſon apparence ſera un cercle, car pour lors tous les diamétres & les demi diamétres ſeront vûs ſous un même angle; dans les autres ſituations de l'œil ils ſeront vûs ſous des angles inégaux, & le cercle paroîtra écraſé ou comme une ovale; il y a pourtant un cas où les diamétres du cercle paroîtront égaux quoique l'œil ſoit hors de l'axe, c'eſt lorſque le rayon viſuel qui paſſe par le centre du cercle eſt égal au demi diamétre, ou que l'œil eſt diſtant du centre d'un demi diamétre, pour lors tous les diamétres du cercle ſont vûs ſous des angles égaux, mais les demi diamétres ſeront vûs ſous des angles inégaux; c'eſt pourquoi l'apparence du cercle dans ce cas ne ſera pas la même que ſi l'œil étoit ſur l'axe à la diſtance d'un demi diamétre du centre, car comme il vient d'être dit, non ſeulement les diamétres ſeroient vûs ſous des angles égaux, mais encore les demi diamétres.

31. Ce qui vient d'être dit des figures planes peut être appliqué aux figures solides qui sont composées de surfaces planes. On observera seulement que l'éloignement & la façon dont elles sont éclairées peuvent beaucoup varier leurs apparences, ainsi une sphere qui de près paroît convexe, parce que certaines parties de sa surface antérieure & visible sont proches de l'œil, & que les autres s'en éloignent ensuite plus ou moins étant vûe de loin à l'apparence d'un cercle, parce qu'alors l'œil ne distinguant plus la différence qui est entre les divers éloignemens des parties de la surface visible, il les rapporte toutes à une même surface plane; c'est la raison pourquoi le Soleil & la Lune qui sont des vrais globes nous paroissent comme des cercles, & c'est à cause de cette apparence qu'on dit le disque du Soleil, le disque de la Lune. L'éloignement qui dérobe à la vûe les petites parties, & qui fait disparoître les différences qu'on observeroit facilement de près, modifie aussi les autres figures; ainsi un édifice qui sera à plusieurs angles, & qui aura par exemple la figure d'un exagone ou d'un octogone, pourra avoir l'apparence d'une figure circulaire si l'œil ne distingue point les angles que font ensemble les surfaces planes qui le terminent.

32. Il y a des régles pour représenter les figures telles qu'elles nous paroissent dans leurs différens éloignemens & dans toutes les situations de l'œil à leur égard, c'est la perspective qui les donne. Cette partie de l'optique qui est le fondement du dessein & de la peinture consiste en peu de préceptes, mais l'exécution en est de longue haleine. Deux choses sont nécessaires pour la perfection de cet art, une imagination noble & aisée & une main souple & flexible, l'une conçoit & dicte, l'autre exécute & imprime le trait qui lui est suggéré; si la main ne pose que ce qui lui est dicté par l'imagination, l'ouvrage sera vraiement représentatif & une expression naturelle & parfaite de la chose.

*Idée fuccinte de la perfpective.*

33. La perfpective confidere les rayons de la lumiere qui aboutiffent à l'œil comme s'ils paffoient au travers d'une furface tranfparente, & y peignoient les objets de même qu'ils les peignent fur la retine au fond de l'œil. La furface tranfparente fur laquelle on fuppofe que cette peinture eft reçue ou deffinée, eft appellée le tableau, il peut être plan ou concave ou bien convexe, droit & perpendiculaire à l'horifon ou incliné; dans la fuite on fuppofera qu'il eft plan & qu'il eft à angles droits fur l'horifon. Pour aider l'imagination & fe figurer plus aifément de quelle maniere les rayons de lumiere en traverfant le tableau y impriment les traits des objets; on peut fuppofer que c'eft une grande glace de verre bien polie & que chaque rayon de lumiere porte avec foi la propre couleur dont eft coloré le point d'où il part, & qu'en traverfant le tableau il y laiffe fon empreinte dans le même degré de force & de nuance qui rendent vifible le point de l'objet d'où il coule.

34. La perfpective a deux parties, l'une confidere l'inflexion des lignes, leur courbure, leur diminution ou raccourciffement, & la fituation qu'elles doivent avoir les unes par rapport aux autres pour former par leur affemblage le contour & la figure apparente des objets; on l'appelle perfpective linéale, parce qu'avec des fimples lignes on peut repréfenter toutes les figures tant planes que folides. L'autre partie traite de la diminution des teintes & des couleurs, de la maniere de les étendre, de les fortifier & de les affoiblir fur une figure qui a été deffinée fuivant les préceptes de la premiere partie, on l'appelle perfpective aërienne. La perfpective linéale ne forme pour ainfi dire que le fquelette des figures ou des objets; la perfpective aërienne les revêt & leur donne du corps, & en les habillant de leurs propres couleurs, elle fait que certaines parties paroiffent fortir & avancer hors du tableau, & que d'autres paroiffent fuir

ou s'éloigner, enforte que la figure deffinée fait fur l'œil la même impreffion que l'objet qu'elle repréfente, & le trompe agréablement fans qu'on puiffe l'accufer d'induire en erreur.

ABK (*Fig.* 31.) eft le tableau qui eft perpendiculaire au plan horifontal GT, on l'appelle plan géométral, AB qui eft la commune fection de ce plan & du tableau eft appellée la ligne de terre, LO eft la hauteur du fpectateur ou de l'œil audeffus du plan géométral, OP eft un rayon vifuel perpendiculaire au tableau, il eft appellé rayon principal ou ligne de diftance, & le point P où il rencontre le tableau eft le point de vûe ou le point principal. Si du point P on tire dans le tableau une ligne HPR parallele à la ligne de terre AB, elle eft appellée la ligne horifontale; fi on prend fur cette ligne d'un côté ou d'autre du point P un autre point D autant diftant du même point P que l'œil O l'eft du tableau, enforte que PD foit égale à OP, ce point D eft appellé point de diftance. Suppofons que l'œil étant fixe au point O regarde l'objet MNEF à travers le tableau ABR que l'on fuppofe tranfparent, une multitude de rayons coulant de tous les points de l'objet le traverferont, & il y en aura un certain nombre, fçavoir ceux qui aboutiront à la prunelle qui rendront l'objet vifible. Il eft clair que tous ces rayons formeront une pyramide qui aura pour bafe l'objet & pour fommet la prunelle; & fi chacun laiffe fon empreinte fur le tableau, l'affemblage de tous ces points compofera une image ou apparence qui fera fur l'œil la même impreffion que l'objet, puifque les rayons qui couleront de l'image vers l'œil feront précifement les mêmes que ceux qui viennent de l'objet: de forte que fi tout à coup l'image devient opaque & que l'objet difparoiffe le fpectateur croira le voir encore, car les rayons de lumiere gardant le même ordre, & toute la force qu'ils ont à la rencontre du tableau, il eft néceffaire qu'ils excitent la même fenfation, comme s'ils venoient de l'objet: or la perfpective lineale donne des regles qui font trouver

dans le tableau les points où il eſt coupé par les rayons qui tombent ſur la prunelle, & dont l'aſſemblage forme la repréſentation d'un objet tel que MNEF.

35. Tous les corps ſont terminés de ſurfaces, les ſurfaces ſont comme compoſées de lignes, & les lignes de points. On réduit donc tout ce qu'on a à dire de la perſpective lineale à trouver dans le tableau l'apparence d'un point. Un point d'un objet peut-être ſur le plan géométral, comme le point M, ou bien il eſt en l'air comme le point N. Tout point qui eſt en l'air peut être conſidéré comme étant ſur une ligne perpendiculaire au plan géométral, & cette ligne ſur un plan perpendiculaire au même géométral & parallele au tableau.

## PROBLÉME.

*Trouver dans le tableau l'apparence du point M qui eſt ſur le plan géométral.*

36. Du point M (*Fig.* 31.) il faut tirer une ligne perpendiculaire MI qui coupe la ligne de terre au point I, ſur laquelle on prendra IC égale à MI; du point I on menera la ligne IP au point principal P, & du point C au point de diſtance D la ligne CD, qui coupera la ligne IP au point *m*, qui ſera l'apparence du point M dans le tableau, ou le point dans lequel le rayon viſuel OM le rencontre.

37. Pour démontrer que le point *m* eſt l'apparence du point M, il faut imaginer deux plans, le premier paſſe par OP & par MI, car deux lignes paralleles ſont dans un même plan, & l'on peut imaginer qu'un même plan paſſe par l'une & par l'autre. Or les deux lignes OP MI ſont horiſontoles & de plus perpendiculaires au tableau, donc elles ſont paralleles; donc on peut imaginer un plan qui paſſe par l'une & par l'autre. Il eſt évident qu'il coupe le tableau dans la ligne IP, puiſqu'il paſſe par les points IP; il paſſe auſſi par les points M O, donc le rayon viſuel MO eſt couché ſur ce plan; donc le point *m* où ce

rayon traverse le tableau est sur IP. L'autre plan passe par les lignes MC DO qui sont aussi paralleles. Car les triangles MCI, DPO dont elles sont les bases sont perpendiculaires au tableau étant horisontaux ; donc ils sont paralleles, donc les lignes MC OD sont sur deux plans paralleles: de plus les triangles MCI ODP sont isosceles, MI étant égale à IC & OP l'étant à DP ; les angles I & P des mêmes triangles sont aussi droits ; donc les angles MCI ODP sont chacun de 45 degrés, de même que les angles POD IMC ; donc les lignes MC OD sont également inclinées au tableau, puisqu'étant sur deux plans paralleles elles font des angles égaux avec ce plan. Donc elles sont parralleles ; donc on peut conduire un plan par ces deux lignes ; donc il passera par les quatre points C, M, D, O ; donc il passera par les points CD où il coupera le tableau ; & parce qu'il passe aussi par les points MO, il s'ensuit que le rayon visuel OM sera de même sur ce second plan, & rencontrera le tableau en quelque point de la ligne DC ; il le rencontre aussi en quelque point de la ligne IP, donc il le rencontre dans l'intersection *m* de ces deux lignes. Donc le point *m* est l'apparence du point M dans le tableau.

38. Pour trouver l'apparence du point N, on observera. 1°. Que l'apparence d'une ligne telle que MN perpendiculaire au plan géométral ou parallele au tableau est une ligne droite *mn* parallele à son objet MN. Car tous les rayons qui forment l'apparence *mn* sont dans le plan du triangle MNO ; or la section de ce plan & du tableau est une ligne droite, & parce que le plan du triangle MNO & le tableau sont perpendiculaires au plan géométral, il s'ensuit que la section *mn* qui est l'apparence de la ligne MN est aussi perpendiculaire au même plan & qu'elle est parallele à l'objet MN. (Art. II. n. 2.) 2°. Il est évident qu'elle est comprise entre les rayons visuels MO NO, & que l'on a les deux triangles semblables OMN O*mn* ; donc MN . *mn* : NO . *n*O : (8. Géom.)

& si on conçoit que OP est prolongée jusqu'à ce qu'elle rencontre le plan parallele au tableau sur lequel la ligne MN se trouve, & représenté par la ligne NS perpendiculaire à la même ligne OPS, & que du point P on tire P*n*, on aura encore deux triangles semblables ONS O*n*P. (8. *Géom.*) Car les angles en S & en P sont droits, & l'angle O est commun donc NO . *n*O : : SO . PO, donc MN . *mn* : : SO PO, (14. *Arith.*) c'est-à-dire que la ligne MN & son apparence *mn* sont proportionnelles aux distances SO & PO de l'œil au plan parallele au tableau, sur lequel la ligne MN se trouve & au tableau. 3°. Si une ligne telle que MN étoit sur le plan géométral, parallele au tableau & à la ligne de terre AB, son apparence seroit aussi parallele à AB. Il est aisé d'appercevoir par ce qui vient d'être dit que cette ligne & son apparence seroient les bases de deux triangles semblables dont le sommet seroit au point O; ainsi la ligne supposée seroit parallele à son apparence & parce que suivant la supposition, la même ligne est parallele à la ligne AB, il s'ensuit que l'apparence sera aussi parallele à la même AB. 4°. Toutes les lignes perpendiculaires au plan géométral, égales entr'elles, & également distantes du tableau ont des apparences égales. Cela est évident par la proportion MN . *mn* : : SO. PO; & les apparences *m* de leurs points M qui sont sur le plan géométral, sont également distantes de la ligne de terre AB; car tous les points M de ces lignes sont sur une même ligne parallele à la ligne de terre AB, donc suivant la troisiéme remarque leurs apparences sont également distantes de AB ou sont sur une parallele à AB.

### PROBLÊME.

39. *La ligne MN perpendiculaire au plan géométral & sa distance au tableau étant données, trouver son apparence mn.* (*Fig.* 32.)

AB est la ligne de terre du tableau sur lequel on travaille, HR l'horisontale. On élevera la ligne MN perpendiculairement à AB, & la prolongeant jusqu'à ce qu'elle

rencontre l'horisontale HR au point S, on prendra SP égale à sa distance au tableau, & OP égale à la distance du tableau à l'œil, on menera les lignes MO. NO, & tirant du point P la ligne P*mn* parallele à MN ou à MS ; la portion *mn* de la ligne P*m* sera l'apparence cherchée. Car si on imagine que le triangle OMS devient perpendiculaire au tableau en tournant autour de la ligne P*m*, la ligne MN ira se placer derriere sur un plan parallele au tableau qui en sera distant de la longueur SP, & OS sera la distance de l'œil à ce plan, & PO sa distance au tableau. Cela posé, les triangles semblables OMN, O*mn* donnent MN.*mn*: : MO, *m*O ; & parceque MS *m*P sont paralleles on a encore la proportion MO.*m*O::SO.PO; donc *mn* est l'apparence de la ligne MN. Selon la 2 remarque du n. 38.

donc MN.mn:: SO.PO.

40. Il suit de-là & de la troisiéme & de la quatriéme remarques du nombre 38 que s'il y a d'autres lignes perpendiculaires au plan géométral égales à MN, & autant distantes du tableau que cette ligne, elles auront leurs apparences entre les paralleles à la ligne de terre AB, tirées des points *m*, *n* ; c'est-à-dire qu'elles seront égales entr'elles & à *mn* & autant distantes de la ligne de terre AB. Cela posé pour trouver l'apparence de la ligne MN, il n'est pas nécessaire de s'assujettir à la construction précedente, on l'aura plus facilement en cette maniere. La ligne MN (*Fig.* 32.) étant élevée perpendiculairement sur un point de la ligne de terre tel qu'on voudra le choisir, on tirera des extrémités MN des lignes à un même point *g* pris à volonté sur l'horisontale HR, & du point *m* qui est l'apparence du point M de la ligne MN, on menera *ma* parallele à la ligne de terre & à l'horisontale, & du point *a* où elle rencontrera M*g*, on menera *ab* parallele à MN laquelle rencontrera N*g* au point *b* & la même *ab* sera l'apparence de la ligne MN, de sorte que pour l'avoir au point *m* auquel elle répond, il suffira d'élever à ce point une perpendiculaire à AB égale à *ab*. On vient de voir que *mn* est l'apparence de la ligne MN, il faut donc démontrer que *ab*=*mn*. Les lignes OM *g*M sont coupées

coupées en parties proportionnelles par la paral. *ma*(7.*G.*) enſorte que OM . O*m* : : *gM*. *ga*, or MN . *mn* : : OM . O*m*, & par une raiſon ſemblable *gM* . *ga* : : MN . *ab*, donc MN . *mn* : : MN . *ab*, ( 14. *Arith.* ) donc *ab*=*mn*.

41. Il ſuit que le triangle M*g*N peut faire trouver toutes les apparences de la ligne MN ſuppoſé qu'il y ait d'autres points dans le tableau où il faille les élever. On les aura en menant de ces points des paralleles à la ligne de terre qui rencontrent *g*M, & tirant des points de rencontre des paralleles à MN qui coupent *g*N. Ainſi ſuppoſé que ( *Fig.* 33. ) l'on doive élever aux points *e*, *c*, *q*, *l*, *i*, *f* l'apparence de la ligne MN, on l'aura pour chaque point en menant de ce point une parallele à la ligne de terre AB, laquelle rencontre *g*M, & menant du point de rencontre une autre ligne parallele à MN qui rencontre *g*N, ce ſera l'apparence de MN qu'il faudra élever au point propoſé. Les raiſons qui prouvent que le triangle MN*g* ( *Fig.* 32. ) détermine l'apparence de la ligne MN pour le point *m*, prouvent auſſi qu'il doit la déterminer pour les autres points du tableau.

## PROBLÉME.

*Mettre en perſpective un corps terminé par des ſurfaces planes, par exemple, un priſme de figure exagone.* (*F.* 33.)

42. CEFILQ eſt l'exagone ſur lequel le priſme eſt aſſis, un des côtés CQ & ſon oppoſé FI ſont paralleles à la ligne de terre AB, & la ligne MN en eſt la hauteur. Le plan géométral GT, & le tableau ABK ſemblent être un même plan ; mais il faut imaginer qu'il ſe fait un pli ſur la ligne de terre, & que le tableau eſt élevé perpendiculairement au plan GT ſur la ligne AB ; & pour la commodité on place la baſe CEFILQ en devant du tableau, mais pour concevoir ſa vraie ſituation, il faut ſuppoſer que le pli ſe faiſant toujours ſur la ligne AB, cette baſe va ſe mettre derriere où elle ſera autant éloignée de la ligne de terre & du tableau qu'elle l'eſt en devant. HR

est la ligne horisontale, le point principal est en P, & le point de distance en D, ou O; c'est-à-dire que la ligne OP ou DP étant élevée perpendiculairement au tableau sur le point P, l'œil est à l'autre extrémité O, & que de la distance OP il voit le prisme assis sur sa base qui est, comme il vient d'être dit, derriere à la distance QS ou CX. Il n'est point nécessaire d'avertir que l'œil est élevé au-dessus du plan géométral, d'autant que la ligne horisontale l'est au dessus de la ligne de terre. Cela posé.

43. Il faut 1°. trouver l'apparence de chacun des six points CEFILQ qui sont les sommets des angles de l'exagone; on fera pour tous ce qu'on va faire pour un en particulier. Supposons qu'on veuille d'abord mettre le point Q en perspective ou en trouver l'apparence, on menera de ce point une perpendiculaire QS à la ligne de terre, & on prendra sur cette ligne SV=SQ; du point S on menera SP au point principal P & du point V la ligne VD au point de distance D; & le point *q* où VD coupera SP sera l'apparence du point Q. On trouvera par une opération semblable l'apparence de chaque autre point, comme du point C en prenant XZ égale à la distance CX, & le point d'intersection *c* des lignes XP, ZD sera l'apparence du point C, ce qui est évident par le Probléme du nombre 36. L'apparence de chaque point étant trouvée, on formera l'exagone perspectif *cefilq* en joignant les points par des lignes droites.

44. 2°. On élevera en un point M de la ligne de terre une perpendiculaire MN égale à la hauteur du prisme, pour servir de base au triangle MN*g* dont le sommet *g* est sur la ligne horisontale HR; du sommet de chaque angle de l'exagone perspectif on menera des lignes paralleles à la ligne de terre, lesquelles rencontrent *g*M, & des points de rencontre on tirera des paralleles à MN, qui couperont N*g*, & l'on aura les apparences de la ligne MN ou des côtés du prisme; (selon le nombre 41.) de sorte que si on éleve aux angles de l'exagone perspectif des perpendiculaires à la ligne de terre qui leur soient égales, &

qu'on joigne les extrémités par des lignes droites, on formera la base supérieure, & l'on aura une figure qui sera la perspective du prisme proposé, ou le prisme proposé tel qu'il paroît à l'œil distant du tableau de la longueur OP ou DP.

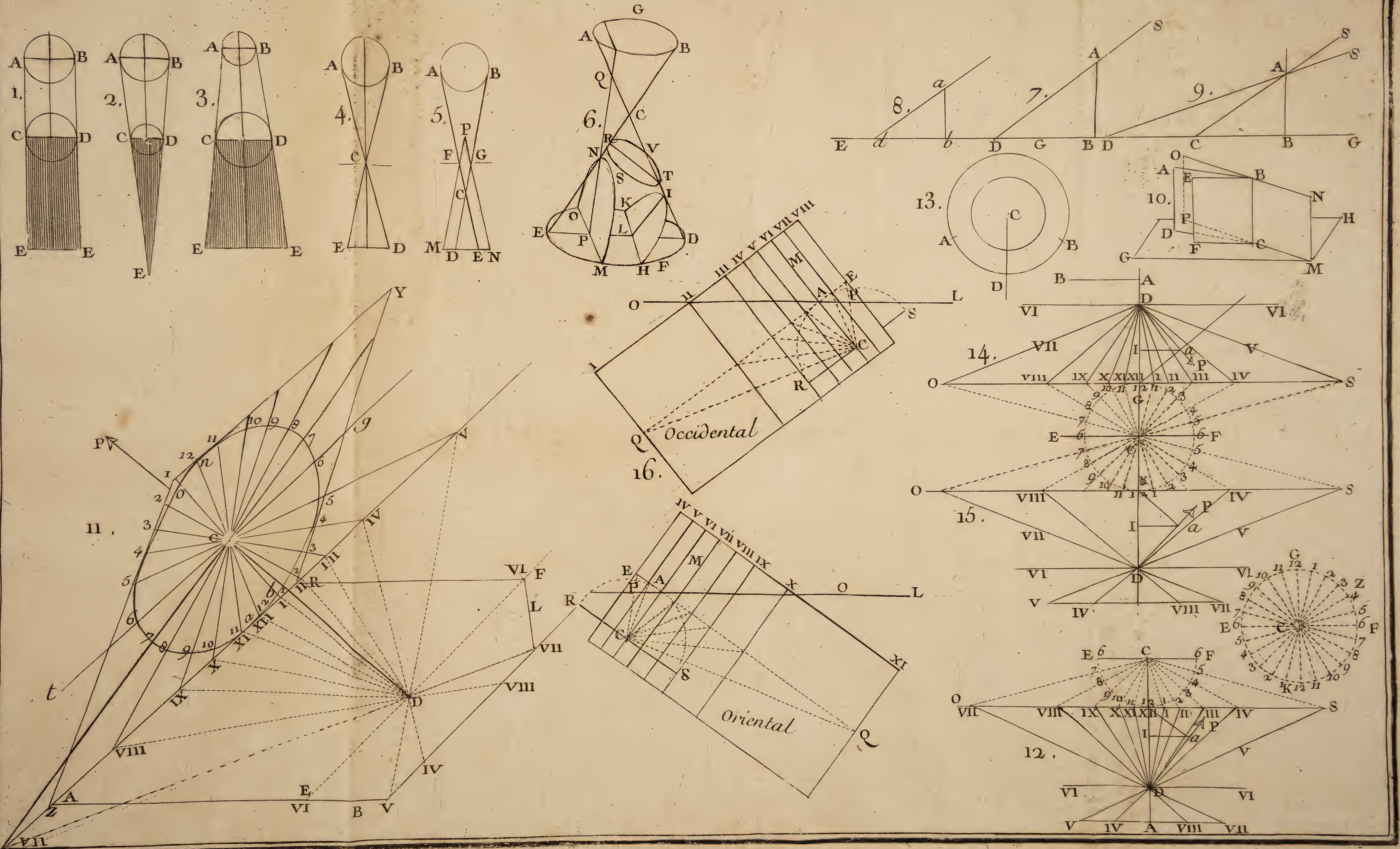
45. Si le corps proposé avoit du talud comme une pyramide tronquée, on inscriroit la moindre base dans la plus grande, & après avoir mis l'une & l'autre en perspective, on éleveroit aux angles de la moindre des perpendiculaires qui feroient les apparences de la hauteur, & tirant de leurs extrémités supérieures des lignes aux angles de la grande base mise aussi en perspective, on auroit le corps taludé. Si le corps proposé est creux comme un tuyau, il aura deux bases l'une intérieure, l'autre extérieure qu'on mettra aussi en perspective, & élevant aux angles tant de la base intérieure que de la base extérieure, des lignes qui soient les apparences de la hauteur, on aura mis le corps creux en perspective. Si c'est une pyramide entiere dont on veuille avoir l'apparence, on mettra d'abord la base en perspective, on trouvera ensuite l'apparence de la hauteur, & menant de l'extrémité supérieure des lignes aux angles de la base, on achevera de former la pyramide. Si la base du corps étoit terminée d'une ligne courbe pour la mettre en perspective, on chercheroit d'abord l'apparence d'un certain nombre de points qu'on joindroit ensuite par des arcs en adoucissant, afin de former dans le tableau la courbe proposée.

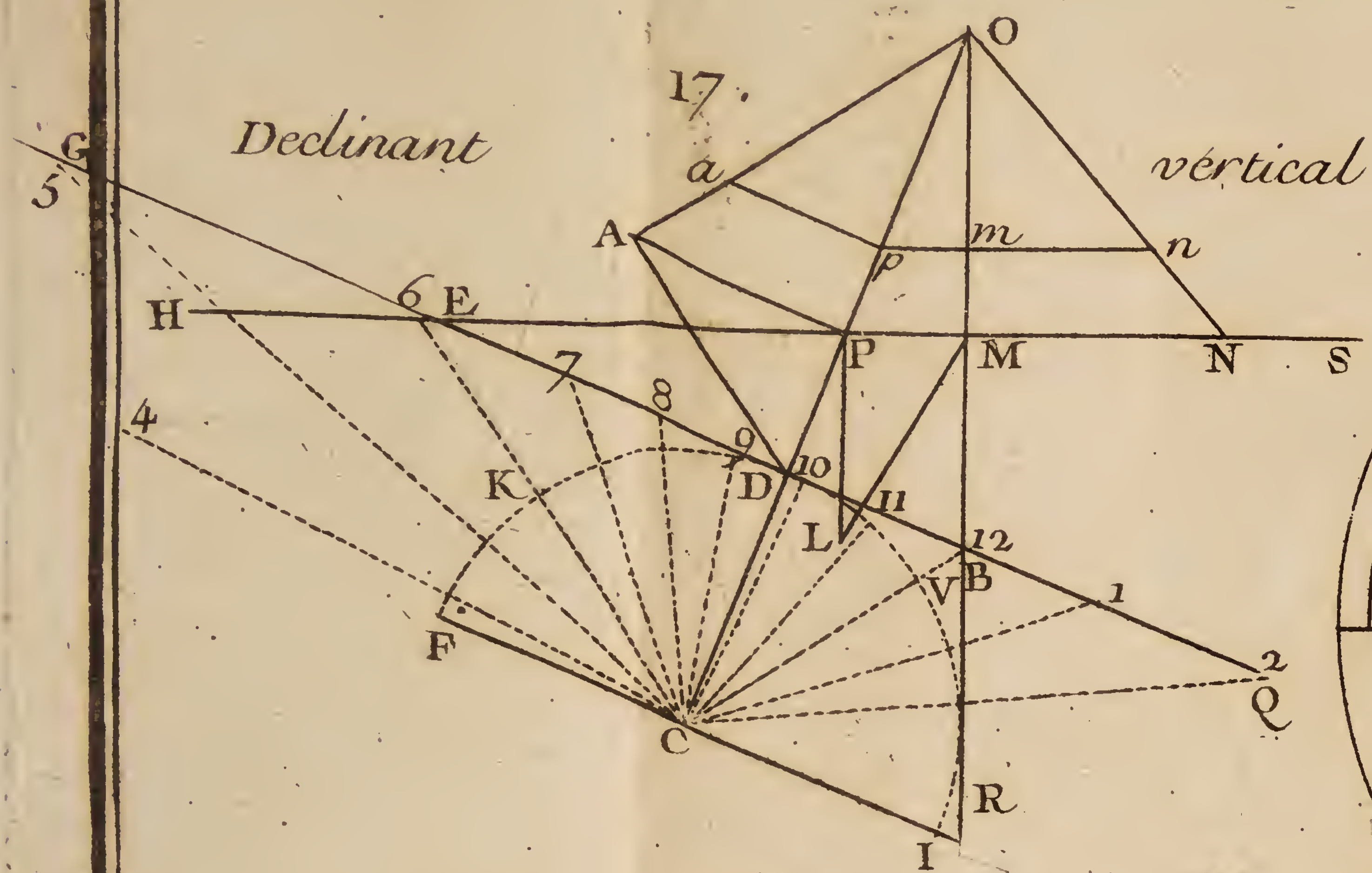
Il est aisé de juger après ce qui vient d'être dit de la perspective, que cet art peut être réduit à trouver dans le tableau l'apparence d'un point placé sur le plan géométral, & l'apparence d'un autre point en l'air qui lui répond perpendiculairement, c'est ce qu'on peut exécuter par les deux premiers Problêmes. On ne dira rien des ombres, du clair & de l'obscur, du fort & du foible, parce que ces choses sont plus du ressort de la perspective aërienne que de la perspective linéale.

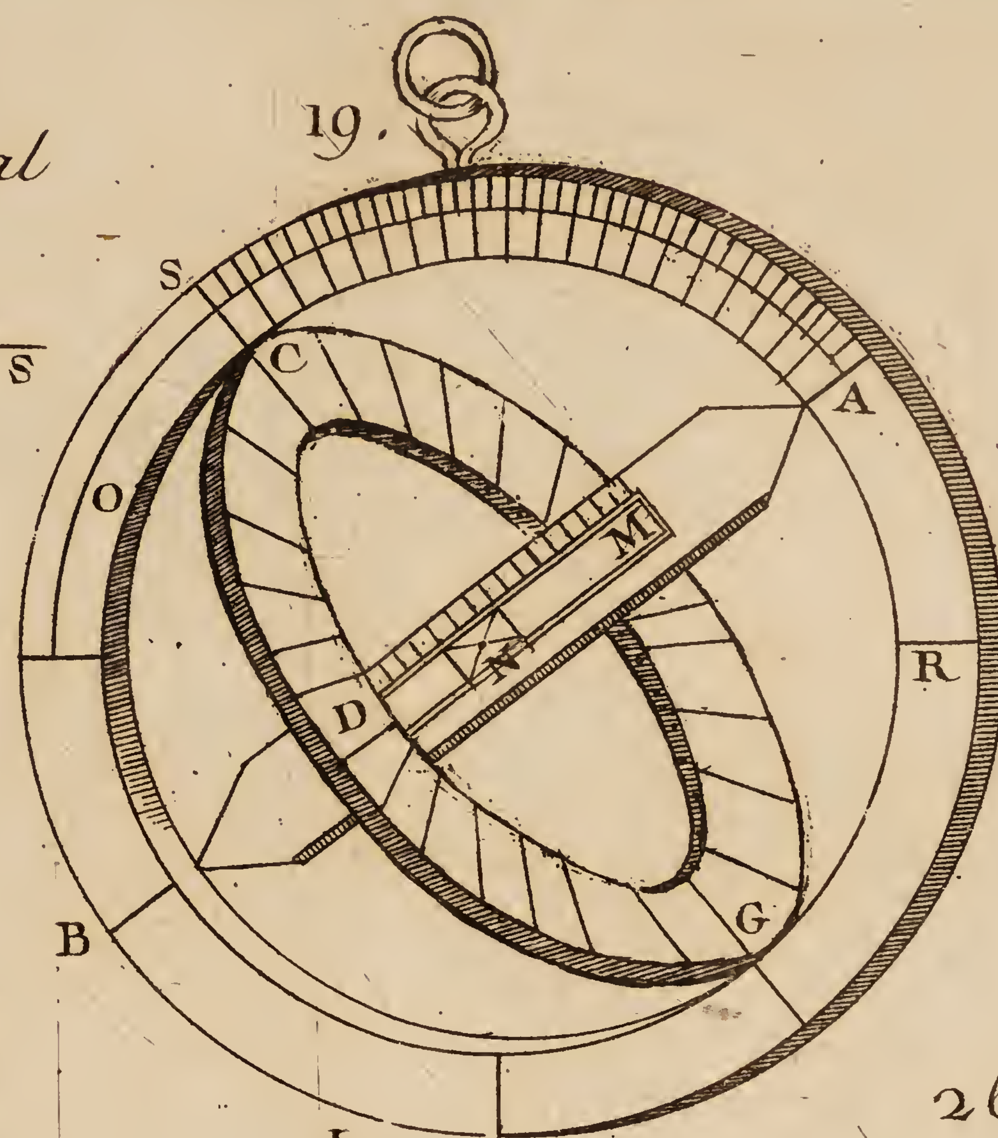
*De la viſion du mouvement.*

46. On juge que des corps ſe meuvent lorſqu'ils changent entr'eux de diſtance, leurs images qui ſe peignent ſur la retine y changent de place, les rayons viſuels ne viennent plus du même endroit, ils tombent ſur d'autres filets du nerf optique, & l'œil rapportant les objets à d'autres points de l'horiſon ou du ciel, que l'on regarde ſans y penſer comme immobiles, il en nait une ſenſation de mouvement ou de déplacement à l'égard des points auxquels on les rapportoit auparavant; s'ils ſont peu éloignés, l'œil eſt à portée de diſtinguer ceux qui ſe déplacent de ceux qui ſont en repos; la choſe devient plus difficile dans un grand éloignement, & ſouvent les choſes ſont tout autrement qu'elles ne ſemblent être.

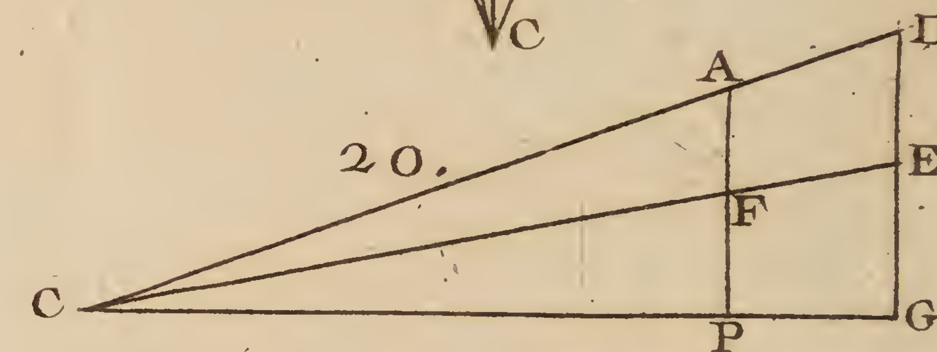
47. Si un ſpectateur eſt lui-même en mouvement, les corps qui ſont autour excitent en lui la même ſenſation que s'ils ſe mouvoient, & quoiqu'il ſçache très-bien qu'ils ſont en repos, il n'eſt point en ſon pouvoir de changer ce ſentiment; s'il remonte par exemple la riviere ſur un bateau, il verra le rivage deſcendre; s'il marche dans les rues, les maiſons qui ſont à droite & à gauche lui paroîtront aller en ſens contraire, s'il ſe promene dans une allée les arbres lui ſembleront fuir & ſe retirer par derriere; la raiſon en eſt qu'en marchant les images des objets ſe meuvent ſur la retine de même que s'il étoit en repos & que les objets allaſſent du même côté qu'ils paroiſſent aller. Comme il ſçait que cette apparence n'a pour fondement que ſon propre mouvement, il lui eſt aiſé de la corriger & de ſe garantir de l'erreur; mais s'il ignore qu'il ſoit en mouvement, les objets du dehors ne laiſſeront pas d'agir toujours de même & d'ébranler le ſens de la vûe comme s'ils ſe mouvoient effectivement: dans cette occaſion le ſentiment ou l'impreſſion reçue ſera plus trompeuſe qu'elle ne pourra aider à découvrir la vérité. Ainſi de ce que les aſtres paroiſſent



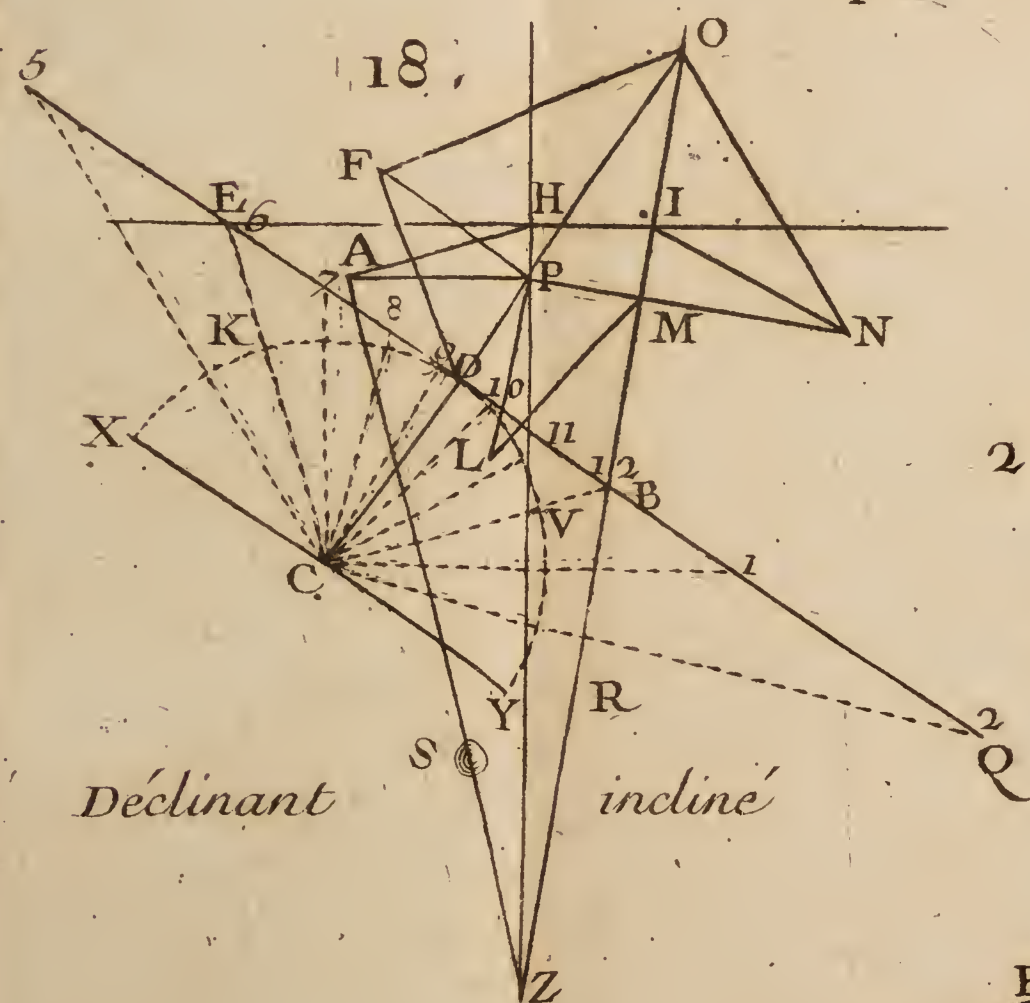

17.
Declinant
vértical
O
a
A
m
n
H
E
P
M
N
S
K
D
L
B
V
F
C
R
I
Q

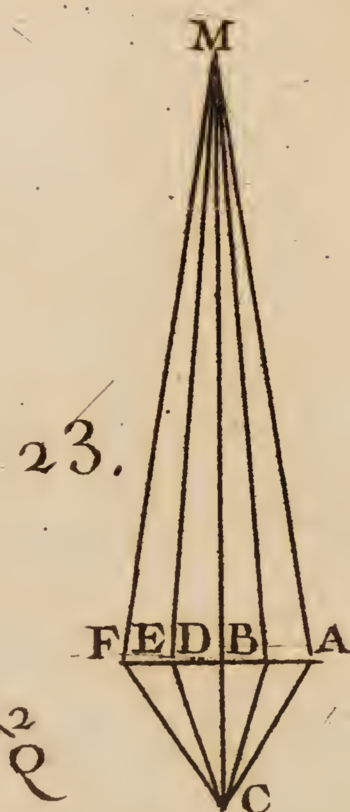

19.
S
C
A
O
M
R
D
G
B

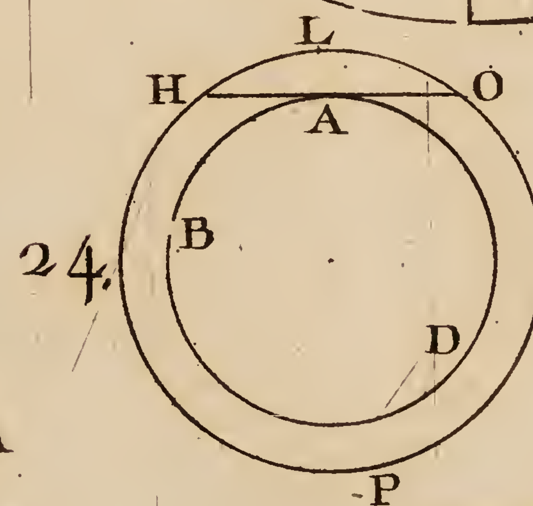

21.
D
O
N
M
F
I

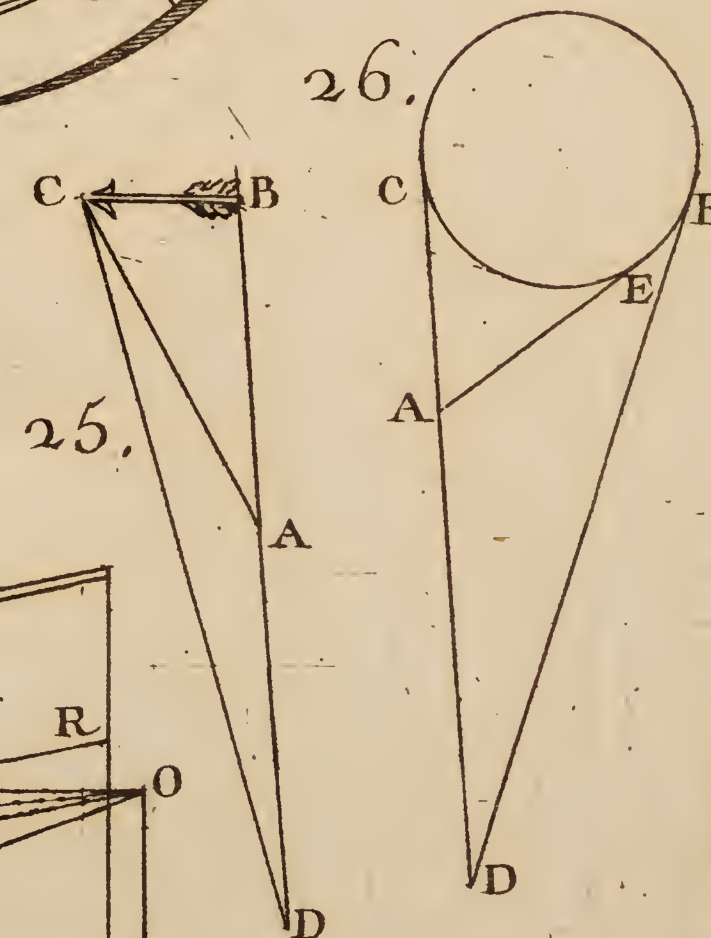

C
A
D
20.
E
F
P
G

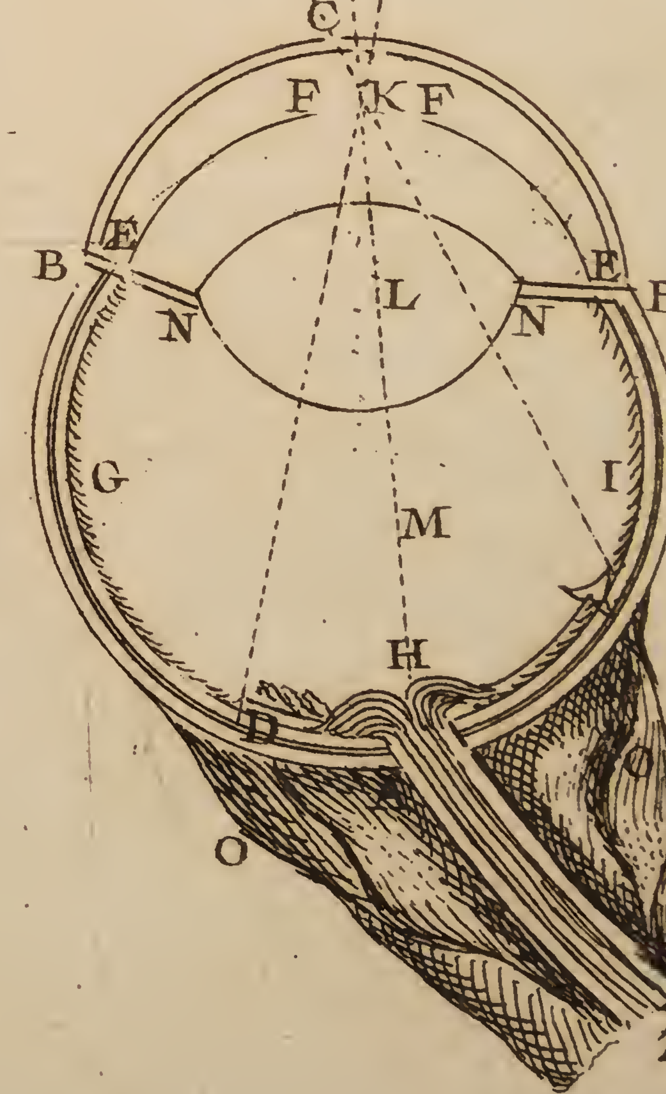

V
X
Y

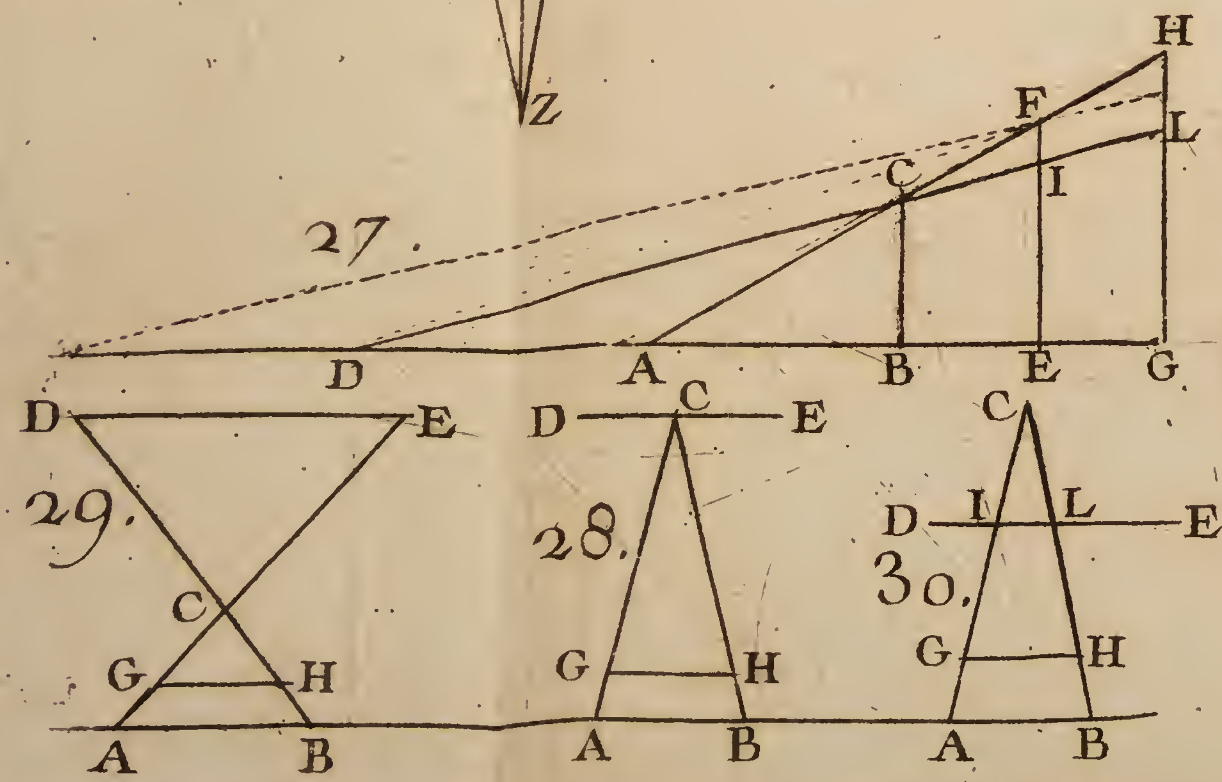

18.
O
F
H
I
E
A
P
M
N
K
X
L
V
B
C
Y
R
S
Q
Z
Déclinant
incliné

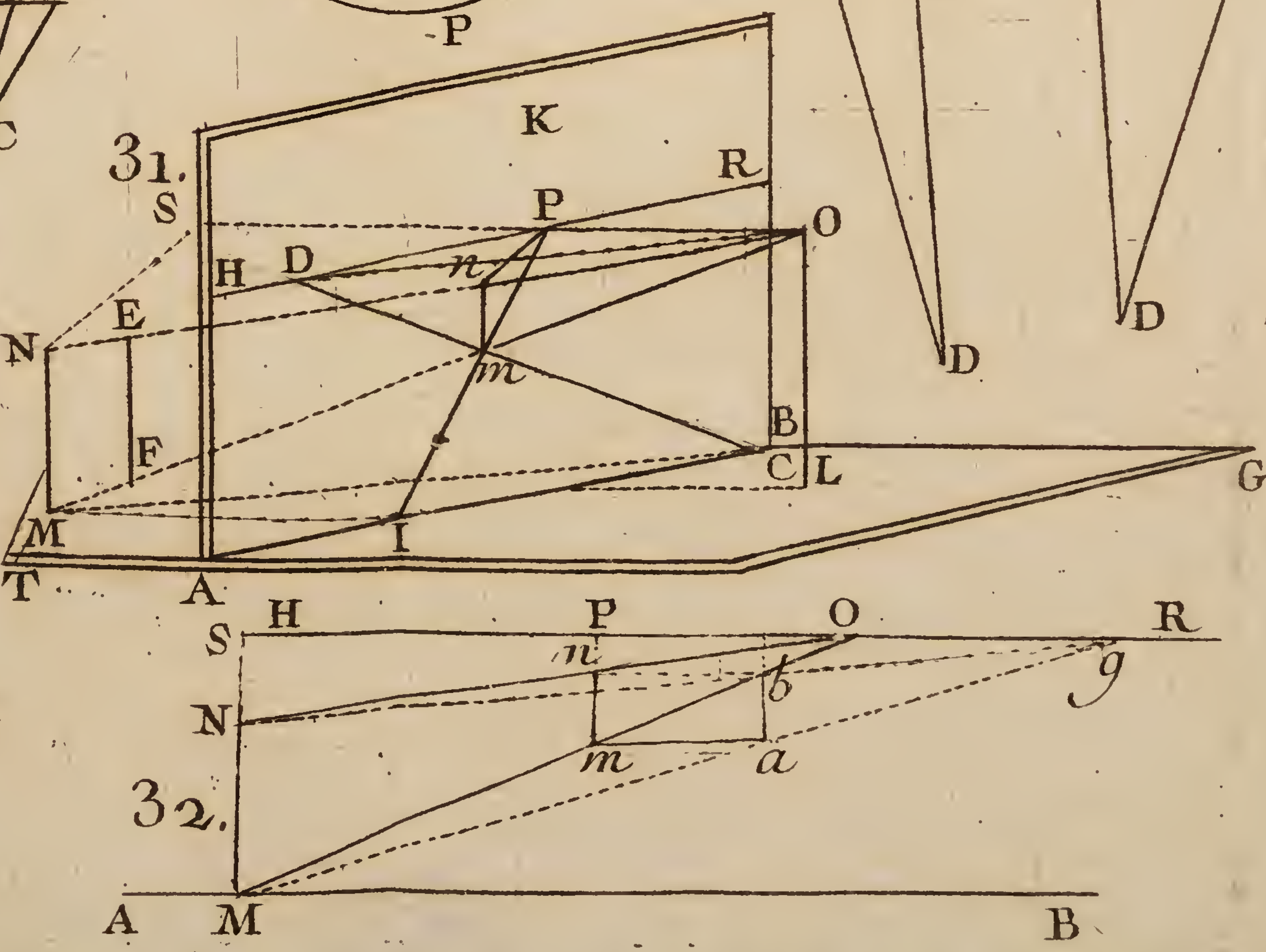

M
23.
F E D B A
C


L
H
A
O
24.
B
D
P


26.
C
B
E
A
25.
D


22.
C
F
K
B
E
N
L
G
M
I
H
D
O
Z


H
F
L
C
I
27.
D
A
B
E
G
29.
28.
30.
G
H


K
31.
S
R
P
O
H
D
n
N
E
m
F
B
C
L
G
M
I
T
A
P
O
R
32.
a
b
g
B

tourner en 24 heures autour de la terre, ce n'eſt point une conſéquence infaillible qu'ils tournent en effet, parce que la terre faiſant une révolution ſur elle-même, les hommes qui ſont à la ſurface & qui ſuivent ce mouvement doivent être affectés par les aſtres ſuppoſés en repos, de même que s'ils tournoient autour de la terre immobile.

48. Si des corps vont d'un même côté avec une égale viteſſe, & qu'un ſpectateur en remarque d'autres auprès qui ſoient en repos, il verra ceux-ci ſe mouvoir en ſens contraires des précédens, car en ſuivant des yeux ceux qui ſont en mouvement, ou en les tournant du côté vers lequel ils vont, les images de ceux qui ſont en repos changeront néceſſairement de place ſur la retine, enſorte que ſi ceux qui ſont mus vont vers la droite, leurs images ſeront mues ſur la retine de la droite vers la gauche, & au contraire les images de ceux qui ſont en repos décriront ſur la retine un arc de la gauche vers la droite; donc ces corps paroîtront ſe mouvoir en ſens contraire de ceux qui tendent vers la droite. Ce ſeroit la même choſe s'ils étoient tous mus dans le même ſens, mais avec des viteſſes différentes, car ceux qui auroient une moindre viteſſe ſeroient comme en repos à l'égard de ceux qui en auroient une plus grande, puiſque ceux-ci s'en éloigneroient avec la différence des viteſſes; donc ceux qui auront une moindre viteſſe paroîtront auſſi ſe mouvoir en ſens contraire. Lorſque le ciel eſt couvert d'un brouillard ou de nuages aſſez rares pour laiſſer voir les aſtres à travers, on voit le Soleil ou la Lune & les étoiles emportés, ſuivant une direction diamétralement oppoſée à celle que les nuages ou les vapeurs ſuivent; car quoique les aſtres ſoient dans un repos ſenſible, cependant leurs images changent de place ſur la retine, comme il vient d'être dit; c'eſt pourquoi ils doivent paroître ſe mouvoir en ſens contraire des vapeurs ou des nuages: il arrive auſſi que des nuages qui ſont mus vers un même côté de l'horiſon paroiſſent cependant tendre

vers des côtés opposés s'ils ont des vitesses inégales, par la raison que ceux qui ont une vitesse moindre sont comme en repos à l'égard de ceux qui en ont une plus grande.

49. Si un corps est mu sur une ligne droite qui passe par l'œil, son mouvement sera sensible pourvû que l'on puisse juger du changement de distance, car quoique l'image du mobile occupe toujours la même place sur la retine cependant il faudra que la figure de l'œil change pour que les différences des distances soient apperçues, ce qui fera juger que le corps supposé est en mouvement mais s'il est dans un éloignement si grand que les différentes distances ne puissent être comparées entr'elles, ni à une distance connue; l'objet dont il s'agit paroîtra en repos, car la figure de l'œil demeurera la même puisque les différences des distances ne peuvent point être apperçues; ainsi la figure de l'œil est la même lorsqu'on regarde les planetes & les étoiles, quoique les étoiles soient incomparablement plus éloignées; de plus l'image aura sur la retine la même place, puisque l'objet se meut sur une ligne qui passe perpendiculairement par la prunelle; donc il n'y aura rien qui avertisse l'ame qu'il est en mouvement, ainsi il paroîtra en repos.

## *Des différences de la vûe.*

50. Jusqu'ici on a supposé que la vûe est dans le même degré de force dans tous les sujets, que l'organe y est disposé de la même maniere & dans une uniformité parfaite. L'expérience apprend cependant que la conformation de l'œil varie beaucoup. On peut réduire à trois classes toutes ces différences; une vûe est appellée *longue* lorsqu'elle voit distinctement les objets éloignés, & confusément ceux qui sont proches; une vûe au contraire est appellée courte lorsqu'elle distingue bien les objets proches, & ne voit que confusément ceux qui sont éloignés; une vûe ordinaire que l'on peut appeller *bonne*, voit clairement & distinctement les objets proches & les

éloignés. Chacune de ces trois classes a beaucoup d'étendue & divers degrés. Supposant que toutes les différences qui se rencontrent dans la vûe procédent seulement de la différente configuration de l'œil, que d'ailleurs les humeurs sont en bon état, & que le nerf optique a tout le sentiment & la vie nécessaires pour bien faire ses fonctions, on pourra en découvrir les causes, & ensuite chercher les moyens de rémédier à ce qu'il y a de défectueux dans chaque vûe.

51. Deux expériences dont on verra les raisons dans la dioptrique peuvent aider à faire cet examen. 1°. Si on reçoit sur un linge ou sur un papier blanc dans un lieu obscur, la lumiere qui s'est rompue ou réfractée en traversant une loupe ou lentille de verre, elle y peint les objets du dehors renversés, & plus le verre est convexe plus il en faut approcher le linge ou le papier pour que les images soient distinctes. La seconde expérience se fait encore avec une lentille de verre, elle consiste en ce que plus les objets sont proches du verre, plus le linge ou le papier que l'on étend derriere à une certaine distance doit en être éloigné; si on veut que les objets s'y peignent distinctement; si au contraire les objets sont éloignés, pour avoir une peinture nette & bien terminée, il faudra approcher le linge qui la reçoit.

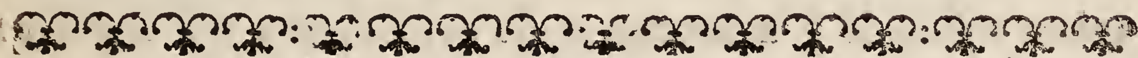
52. La loupe peut représenter par sa convexité & par sa transparence les trois humeurs de l'œil, mais principalement le cristallin dont elle imite la figure, & le linge sur quoi on reçoit la peinture, la retine. Ces deux expériences peuvent faire connoître les changemens de figure qui arrivent à l'œil selon l'éloignement plus ou moins grand des objets qu'il regarde. S'il avoit une inflexibilité & une rigidité semblables à celle d'un verre convexe, tel que celui dont on se sert pour faire l'expérience dont il s'agit ici, il ne verroit distinctement que les objets dont l'éloignement seroit proportionné à sa convexité actuelle, & il ne verroit que confusément les objets plus proches ou plus éloignés, car la peinture qui

s'en feroit sur la retine seroit toute confuse ; mais puisqu'une bonne vûe voit clairement & distinctement les objets proches & éloignés, il faut que l'œil prenne différentes courbures, eu égard à l'éloignement. Selon la premiere expérience, plus un verre est convexe plus il approche l'image ou la peinture des objets ; donc si la courbure de l'œil est trop grande pour les objets éloignés les rayons de lumiere peindront leurs images avant que d'arriver sur la retine ; donc si la courbure demeure la même, la peinture qui s'en fera ne sçauroit être que confuse, ainsi que la vision qui en résulte ; mais si l'œil s'applatit un peu, la réunion des rayons se fera à une plus grande distance, elle pourra donc se faire sur la retine, & alors la vision sera distincte. Au contraire si la courbure de l'œil n'est pas assez grande par rapport à la proximité des objets, les rayons qu'ils envoyeront seront encore divergens ou écartés les uns des autres en rencontrant la rétine ; c'est pourquoi la peinture qu'ils y formeront sera aussi confuse selon la seconde expérience ; mais si l'œil acquiert par l'action des muscles une plus grande courbure, la réunion des rayons se fera à une moindre distance, suivant la premiere expérience, elle poura donc se faire sur la retine, & alors les images seront distinctes & l'œil verra distinctement les objets.

53. On peut conjecturer de là pourquoi une vûe longue ne voit distinctement que les objets éloignés, c'est parce que l'œil ayant peu de convexité, l'action des muscles n'a pas assez de force pour lui donner plus de courbure, ce qui seroit nécessaire lorsqu'il regarde des objets proches, car ils peignent leurs images à une plus grande distance ; donc afin de les approcher jusqu'à l'endroit de la retine, il faudroit que l'œil devint plus convexe conformément à la premiere expérience. Au contraire une vûe courte ne voit distinctement que les objets proches, parce que l'œil ayant une grande courbure, l'action des muscles ne la diminue pas autant qu'il faudroit pour voir les objets éloignés, car ces objets peignent leurs images à

une moindre distance, donc pour les éloigner & faire ensorte qu'elles fussent reçues sur la retine, il faudroit que l'œil perdît de sa courbure & qu'il s'applatît, faute de quoi les objets éloignés paroissent confus.

54. On observe encore que ceux qui ont la vûe courte peuvent lire à une lumiere foible, ce que ne peuvent faire ceux qui l'ont longue. Supposons que pour une vûe longue il faille tenir le livre à une distance quatre fois plus grande, il est certain que la lumiere refléchie par le livre tombant sur la prunelle sera 16 fois plus foible, & que si l'œil est à une distance quatre fois moindre, la prunelle recevra une lumiere 16 fois plus forte; (Art. I. n. 10. 11. 12.) par conséquent si la lumiere refléchie par le livre suffit à peine à une vûe courte pour lire, elle sera insuffisante à une vûe longue, puisqu'après avoir traversé les humeurs de l'œil elle sera 16 fois plus foible. Ceux qui ont la vûe longue sont appellés communement *Presbites*, & ceux qui l'ont courte, *Myopes*.



## *DE LA LUMIERE REFLECHIE*

### *Ou la Catoptrique.*

IV. 1. LE mouvement de refléxion consiste en ce qu'un corps qui en choque un autre retourne en arriere après le choc. Une bale est poussée contre un mur, elle rebondit après l'avoir frappé, voilà ce qu'on appelle la refléxion de la bale. Les corps lumineux, comme le Soleil, un flambeau &c. lancent la lumiere tout autour, elle suit la direction ou la détermination qu'elle a reçûe tant qu'elle ne trouve aucun obstacle. Mais si elle rencontre un milieu qu'elle ne puisse pénétrer, elle retourne & rentre dans le premier milieu, & c'est ce détour que l'on appelle la refléxion de la lumiere : si l'œil d'un spectateur se rencontre dans le cours de cette lumiere refléchie, elle rendra visible le corps ou l'obstacle qui l'a renvoyée dans

le milieu qu'elle alloit quitter : ainſi tous les corps qui d'eux-mêmes ſont deſtitués de lumiere ne ſont viſibles que par une lumiere empruntée. Les ſeuls corps lumineux qui ſont un principe ou une ſource de lumiere ſont viſibles par la lumiere qu'ils envoyent directement à l'œil. Une ſurface qui reflêchit la lumiere peut être liſſe & polie ou inégale & raboteuſe ; ſi la ſurface reflêchiſſante eſt bien polie, les rayons de lumiere ſont reflêchis dans le même ordre qu'ils l'ont rencontrée ; c'eſt pourquoi ſi l'œil eſt placé dans le cours de cette lumiere, il verra au-delà l'objet qui l'a renvoyée. Les ſurfaces qui ont cette proprieté ſont appellées *miroirs*. Les ſurfaces brutes & inégales reflêchiſſent la lumiere ſans aucun ordre, enſorte que les rayons qui viennent de différens points ſe mêlent ou ſe confondent par la refléxion, & entrant dans l'œil en cette confuſion, y excitent ſeulement le ſentiment ou la viſion de la ſurface reflêchiſſante. Ce qu'on va dire de la lumiere reflêchie a ſeulement rapport aux miroirs ou aux ſurfaces unies & polies. La partie de l'optique qui traite de la lumiere reflêchie à la rencontre de ces ſurfaces eſt appellée *Catoptrique*.

2. Les miroirs ſont de trois ſortes, les miroirs plans, les miroirs concaves & les miroirs convexes. Il n'y a qu'une eſpece de miroirs plans, mais il y a autant de différentes eſpeces de miroirs convexes & concaves qu'on peut former de ſurfaces courbes ; les plus ordinaires ſont les miroirs ſpheriques. On repréſente un miroir plan par une ligne droite, & un miroir concave ou convexe par un arc.

3. Voici en général ce qu'il y a à conſidérer dans la lumiere reflêchie. (*Fig.* 34.) La ſurface LL du miroir, l'objet AP qui y envoye de la lumiere. Il ſuffira de conſidérer les rayons qui partent de l'extrémité A, ces rayons tels que AC, & AF ſont appellés rayons incidens, & les lignes droites AC AF, ſuivant leſquelles la lumiere rencontre le miroir, ſont les lignes d'incidence ; & les points de rencontre CF points d'incidence ou de refléxion ;

les lignes CB FO, ſuivant leſquelles les rayons incidens ſont refléchis, ſont appellées lignes de refléxion. La ligne AGD tirée perpendiculairement du point radiant A au miroir LL eſt la perpendiculaire d'incidence. Si de quelque point des rayons refléchies CB, FO on imagine des perpendiculaires à la ſurface LL, ce ſeront les perpendiculaires de refléxion. Les angles ACG, AFG ſont les angles d'incidence, & les angles BCE, OFE ſont les angles de refléxion; & CAG, FAG ſont les complemens des angles d'incidence; & les lignes MN IK élevées perpendiculairement au miroir au points C F les perpendiculaires aux points d'incidence & de refléxion.

4. Il eſt évident que ſi on imagine un plan qui paſſe par les points ACB, ou AFO, il paſſera par les perpendiculaires d'incidence & de refléxion, qu'il ſera perpendiculaire au miroir plan LL: ainſi un rayon incident & le rayon refléchi qui lui répond ſont dans un plan perpendiculaire au miroir & qui paſſe par le point d'incidence ou de refléxion.

5. Un miroir convexe ou concave peut être conçû comme compoſé de pluſieurs miroirs plans qui auront entr'eux la même ſituation que les petits côtés de la courbe qui repréſente le miroir, & parce que ces côtés prolongés ſont autant de tangentes, on détermine les angles d'incidence & de réflexion par rapport à ces lignes.

6. On ſuppoſera dans la ſuite comme un fait certain connu par l'expérience qu'un rayon ou un trait de lumiere qui tombe ſur une ſurface polie eſt refléchi de façon que l'angle de refléxion eſt égal à l'angle d'incidence. Pour en faire l'expérience on fait paſſer par un très-petit trou un rayon de lumiere dans une chambre obſcure, on le reçoit ſur un miroir, & l'on vérifie en meſurant les angles que celui de refléxion eſt égal à celui d'incidence. Si la nature de la lumiere étoit aſſez connue on pourroit en deduire la vérité du fait atteſté par l'expérience, au défaut de cette connoiſſance, on a recours a l'hypothéſe, on ſuppoſe que la lumiere eſt compoſée de globules doués d'un

reſſort parfait ; or ſi un globe à reſſort parfait choque une ſurface polie, la méchanique démontre qu'il eſt refléchi de telle ſorte que les lignes de refléxion & d'incidence font avec la ſurface choquée des angles égaux. ( pr. *in*-8° liv. III. 62. )

### *Des miroirs plans.*

7. Si un point radiant A ( *Fig.* 34. ) envoye ſur le miroir plan LL des rayons de lumiere tels que les rayons AC AF, les prolongemens des rayons refléchis BC FO auront leur point de concours D ſur la perpendiculaire d'incidence AGD, autant diſtant au-delà que le point radiant A l'eſt en deçà. Car l'angle BCE eſt égal à l'angle ACG, ( IV. 6. ) donc l'angle GCD étant égal à l'angle oppoſé BCE eſt auſſi égal à l'angle ACG; or les angles en G ſont droits ( ſelon l'hypothéſe ) donc les deux triangles AGC, DGC ont tous leurs angles égaux, & le côté CG commun ; donc ils ſont égaux en tout ; ( 20. *Géom.* ) donc GD=AG. On prouvera de la même maniere pour le rayon refléchi FO que ſon prolongement concourt au point D.

8. *Corol.* Puiſque l'œil voit un objet dans l'endroit d'où les rayons de lumiere qu'il envoye paroiſſent venir en dernier lieu, ( III. n. 8. ) il s'enſuit que s'il eſt placé dans le cours des rayons refléchis CB, FO, il verra le point A en D autant au-delà du miroir que le même point A eſt en deçà. Ce qui eſt vrai de l'apparence du point A convient auſſi à l'apparence de tout autre point de l'objet AP ; c'eſt pourquoi ſi du point P on mene une perpendiculaire au miroir prolongée au-delà autant qu'il eſt néceſſaire, on aura ſur cette ligne l'apparence du point P en H, ſi les parties de la ligne PH compriſes entre ces points & le miroir ſont égales.

9. Puiſque d'un point on ne peut mener qu'une perpendiculaire à une ſurface plane, il s'enſuit que chaque point d'un objet AP aura ſon apparence ſur une perpendiculaire différente ; donc l'apparence d'un point eſt dif-

tinguée de l'apparence de tout autre point ; de plus ces points repréſentatifs ſont dans le même ordre que les points qu'ils repréſentent, puiſque chaque point & ſa repréſentation ſont ſur une même perpendiculaire au miroir, & que d'ailleurs ces perpendiculaires ſont paralleles, donc un miroir plan reflêchit la lumiere dans le même ordre, & elle paroît venir d'autant de points qu'il y en a dans l'objet, leſquels ſont ſitués entr'eux, & à l'égard du miroir préciſement de la même maniere que ceux de l'objet ; donc l'image ou la repréſentation qu'ils forment eſt parfaitement reſſemblante à l'objet. Si on ſe regarde dans un miroir plan toutes les parties du corps paroîtront dans leur véritable ſituation, ainſi la main droite ſera apperçûe à la droite, & la main gauche à la gauche ; mais ce qui ſera à la droite du ſpectateur ſera à la gauche de l'image, car lorſque deux perſonnes ſont en préſence & qu'elles s'enviſagent, la droite de l'un répond à la gauche de l'autre ; ainſi la droite d'un ſpectateur devient la gauche de l'image, c'eſt pourquoi s'il fait des geſtes de la main droite, l'image paroîtra les faire de la gauche.

10. Si un miroir plan eſt incliné, les objets paroîtront inclinés du double. Suppoſons qu'un objet touche par ſon extrémité inférieure à un miroir incliné en arriere de 20 d., l'extrémité ſuperieure aura ſon apparence 20 degrés au-delà du miroir ; mais le miroir s'éloigne de la verticale de 20 degrés, donc l'angle que l'image fait avec la verticale eſt de 40 degrés, & par conſéquent double de l'inclinaiſon du miroir.

11. Si un miroir plan eſt incliné de 45 d. les objets droits paroîtront couchés ſur l'horiſon. Car l'angle que l'image fait avec la verticale eſt double de l'inclinaiſon du miroir, il eſt donc de 90 degrés ; par conſéquent ſi un objet eſt droit, ſon image paroîtra horiſontale. Si le miroir eſt horiſontal, les objets droits paroîtront renverſés les pieds en haut & la tête en bas : car l'angle que le miroir fait avec la verticale étant droit, celui que l'image fait avec la même ligne doit être double ou égal à deux

droits ; c'eſt-à-dire que l'image ſe trouve ſur la verticale ; mais dans une ſituation renverſée, car le miroir s'éloigne de la verticale de 90 degrés, donc la repréſentation de la partie ſuperieure de l'objet, laquelle s'en éloigne du double doit en être diſtante de 180 deg. ou d'une demie circonférence ; par conſéquent la repréſentation de la partie ſuperieure de l'objet eſt en bas, & celle de la partie inferieure en haut ; par conſéquent l'image eſt renverſée. Donc ſi un miroir plan étant droit on l'incline tout à coup, les images paroîtront parcourir en même tems un arc double. On peut donner à la lumiere refléchie par un miroir plan une grande rapidité de mouvement. Suppoſons que la lumiere refléchie à la rencontre d'un miroir plan s'étende à la diſtance de 100 pas, & qu'en tournant le miroir alternativement de la droite à la gauche & de la gauche à la droite, les points de ſa ſurface décrivent des arcs de 90 deg. dans une ſeconde, l'image du Soleil & par conſéquent la lumiere refléchie décrira en même tems un arc double, c'eſt-à-dire, une demie circonférence qui contiendra environ 300 pas ; c'eſt le chemin que la lumiere refléchie fera dans une ſeconde, en ſuppoſant que le rayon du cercle eſt égal à la corde de l'arc de 60 deg. & que cet arc & ſa corde ſont à peu près égaux : ſi la lumiere refléchie eſt portée à une diſtance double, elle décrira dans une ſeconde au arc de 600 pas ; & parce que la lumiere directe du Soleil eſt extrémement vive, & qu'étant refléchie elle conſerve la plus grande partie de ſa force, il n'y a aucun doute que ſi elle paſſe & repaſſe ſur la prunelle avec toute la viteſſe que le mouvement du miroir lui donne, elle ne ſoit capable de l'offenſer, de détruire l'organe à diverſes repriſes, & enfin d'aveugler.

12. Plus l'œil s'approche d'un miroir plan plus il y voit d'objets, ou plus la partie qu'il y découvre d'un même objet eſt grande. LL ( *Fig.* 35. ) eſt le miroir, AP l'objet, & l'œil ſe trouve ſucceſſivement en E O B. L'image ou la repréſentation de l'objet AP ſera vûe ſur une parallele DH autant au-delà du miroir que l'objet AP en eſt

éloigné en-deçà, & la partie visible sera comprise entre les prolongemens des rayons refléchis par les extrémités du miroir vers l'œil en E O B: or la partie SV comprise entre les prolongemens GV FS des rayons refléchis GE FE, est plus grande que la partie DH comprise entre GD, FH qui sont les prolongemens des rayons refléchis GO FO, & cette partie est encore plus grande que la partie MN comprise entre les prolongemens des rayons refléchis GB FB. donc, &c.

13. Si le l'œil O est autant distant du miroir que l'objet AP, & que la hauteur GF du miroir soit la moitié de celle de l'objet, il l'y verra tout entier. Car la partie visible DH est deux fois plus distante de l'œil que le miroir, ( IV. n. 7. ) par conséquent DH est double de GF, ( 8. *Géom.* ) or ( hypoth. ) AP est aussi double de GF, donc DH est égale à AP; par conséquent l'œil en O voit tout l'objet en regardant le miroir GF dont la hauteur est seulement la moitié de celle de l'objet AP. Si l'œil s'approche d'avantage du miroir, il pourra voir une hauteur plus grande que AP, mais s'il s'en éloigne encore, la hauteur visible au-delà du miroir sera moindre que AP. C'est pourquoi si la distance de l'œil au miroir étant donnée, on veut voir l'objet AP tout entier, il faut déterminer sa distance au miroir par cette proportion. La hauteur du miroir est à la hauteur de l'objet ou de l'image, comme la distance de l'œil au miroir est à la distance de l'œil à l'image; cette derniere distance étant déterminée on en retranchera la distance de l'œil au miroir, & le reste sera la distance où il faut placer l'objet pour le voir tout entier du lieu où l'on suppose que l'œil est arrêté. Supposons, par exemple, que la hauteur du miroir est le quart de la hauteur de l'objet, elle sera aussi le quart de la hauteur de l'image, puisque l'image n'est ni moindre ni plus grande que l'objet; supposons encore que la distance de l'œil au miroir est double de la hauteur du miroir, elle sera le quart de sa distance à l'image suivant la proportion précedente, & l'on aura 1. 4 : : 2. 8. Ainsi la distance de l'œil à l'ima-

ge sera égale à 8 fois la hauteur du miroir ; si de la distance 8 on retranche la distance 2, le reste 6 sera la distance de l'image au miroir : or celle de l'objet au miroir est égale à celle de l'image, donc si on place l'objet à une distance égale à 6 fois la hauteur d'un miroir, l'œil l'appercevra en entier de la distance supposée, car comme la distance 2 de l'œil au miroir est le quart de sa distance 8 à l'image, ainsi la hauteur 1 du miroir est le quart de la hauteur 4 de l'image ou de son objet.

14. Une des utilités du miroir plan est de servir à mésurer une hauteur accessible, par exemple, la hauteur AE du pied de laquelle on peut approcher. (*Fig.* 36.) On place un miroir plan LL horisontalement & on s'en éloigne jusqu'à ce que l'on y voye l'extrémité E de la hauteur proposée AE, pour lors les rayons incident EB & refléchi BD forment avec le plan horisontal AC des angles égaux, & l'on a les triangles semblables ABE CBD, de sorte que les distances CB, AB & la hauteur DC étant mesurées on aura cette proportion CB . AB : : DC . AE. Les trois premiers termes étant connus, le quatriéme le sera par leur moyen. (10. *Arith.*)

*Les effets de deux ou de plusieurs miroirs plans joints ensemble.*

15. Si on joint deux miroirs plans LL, BG (*Fig.* 37.) à angles droits, un objet A qui sera mû le long de la ligne DC parallele à l'un des miroirs, par exemple, au miroir GB paroîtra aller en même tems vers des côtés opposés. Car en s'éloignant du miroir LL son image ou sa ressemblance paroîtra s'en éloigner de tout autant, & parce que la ligne DC sur laquelle il se meut est parallele au miroir GB, son image y sera toujours vûe au-delà à la même distance, mais elle aura un mouvement apparent tout semblable à celui de l'objet ; c'est-à-dire qu'elle paroîtra se mouvoir parallelement à DC, de D vers C, ou s'éloigner du miroir LL ; les deux images paroîtront donc s'éloigner de ce miroir, l'une au-delà, l'autre en deçà, & aller par conséquent vers des côtés opposés. 16.

16. Si on joint plusieurs miroirs AB, BC, CD, DE (*Fig.* 38.) faisant entr'eux des angles égaux ou inégaux, un même objet paroîtra avoir des mouvemens divers selon qu'il s'en approchera ou s'en éloignera.

17. Si l'œil est placé entre deux miroirs plans GB, GL (*Fig.* 39.) qui font l'angle aigu BGL, l'objet A sera vû plusieurs fois par refléxion dans les deux miroirs. 1°. L'objet A sera vû sur la perpendiculaire AND, & son image D sera autant distante au-delà qu'il l'est en deçà; & si l'œil est placé au point O, il sera vû au moyen du rayon refléchi MO dont le prolongement est MD, & qui a pour rayon incident AM. (IV. n. 7.) 2°. Le miroir GB refléchissant de tous les points de sa surface les rayons qu'il reçoit du point radiant A, si on tire du point D, DHF perpendiculaire au miroir GL, ce sera l'axe de la pyramide de lumiere dont les rayons refléchis par le miroir GB paroissent venir de la premiere image D, & sera par conséquent à son égard la perpendiculaire d'incidence, de même que AD l'est à l'égard du point radiant A; donc si on prend HF égale à DH, l'image D considérée comme objet sera vûe en F au moyen du rayon refléchi OS dont le prolongement est SF, & dont le rayon incident est sur la ligne DS. 3°. Si du point F on mene FCE perpendiculaire au miroir GB, ce sera l'axe de la pyramide de lumiere composée des rayons refléchis par le miroir GL & qui paroissent venir de l'image F, où la perpendiculaire d'incidence DHF se termine, en considérant cette image comme objet; donc si on prend CE égale à CF, elle sera vûe en E, & si de ce point on tire EO qui rencontre le miroir GB en R, ce sera au moyen du rayon refléchi RO dont le prolongement est RE, & qui a pour rayon incident celui qui est sur la ligne FR ou NR. L'image E est aussi comme un objet qui envoye de la lumiere sur le miroir BG, & on déterminera le lieu de son image, de même qu'on la détermine pour les images vûes en D, F, E. Par conséquent l'objet A est vû plusieurs fois par refléxion dans les miroirs GB GL qui font l'angle aigu GBL.

18. Il eſt évident que plus les miroirs auront de hauteur & plus l'angle BGL ſera aigu, plus il y aura de refléxions ou de perpendiculaires d'incidence, par conſéquent plus l'œil en O verra d'images. Si l'angle BGL eſt infiniment aigu, ou ce qui eſt la même choſe, ſi les miroirs GB GL (*Fig.* 40.) ſont paralleles, toutes les perpendiculaires d'incidence ſeront ſur une même ligne perpendiculaire aux deux miroirs, tirée par le point radiant A; (IV. n. 7.) & parce que cette ligne peut être prolongée à l'infini de part & d'autre, il s'enſuit que l'œil en O y verra une infinité d'images de l'objet A; car une image qu'il verra au-delà d'un miroir ſe repréſentera au-delà de l'autre, & cette derniere image ſe repréſentera de même & ainſi à l'infini. Toutes ces images que l'œil verra ſur la même perpendiculaire d'incidence à la ſuite les unes des autres iront en diminuant, par la même raiſon que les grandeurs apparentes des objets diminuent à meſure que l'éloignement augmente, & parce qu'à chaque refléxion la force de la lumiere diminue, les dernieres images ſeront moindres & moins vives, la clarté diminuant toujours les images ſe confondent & la vûe ſe perd dans un enfoncement obſcur. On détermine le lieu de chaque image de même que ſi les miroirs faiſoient un angle fini: ainſi on aura le lieu D de la premiere image en prenant DN=NA, on aura auſſi le lieu de la ſeconde en prenant LF=DL, le lieu de la troiſiéme en prenant NE=NF & l'œil en O les verra au moyen des rayons refléchis BO, HO, PO, CO.

### *Des miroirs convexes & concaves.*

19. Les miroirs convexes les plus ordinaires ſont le ſpherique, le cylindrique, le pyramidal & le conique qui eſt une ſpece de miroir pyramidal, comme le cone eſt une eſpece de pyramide. Les miroirs concaves les plus en uſage ſont le ſpherique le parabolique, l'élliptique, & l'hyperbolique. Tous ces miroirs défigurent les images des objets, il n'y que le miroir plan qui les fait voir dans le

naturel. Les miroirs parabolique, élliptique & hyperbolique ont une proprieté qui les rend de quelque ſervice, c'eſt que ce ſont des inſtrumens qui réfléchiſſent la lumiere d'une bougie ou d'un flambeau toute dans le même ſens, enſorte qu'on peut la mettre toute à profit, ſans craindre qu'une multitude de fauſſes refléxions en éteigne la plus grande partie, comme cela arrive dans les lanternes ordinaires. Les miroirs cylindriques, pyramidaux ou coniques ne ſont que pour la ſimple curioſité en ce que des objets très-~~irréguliers~~ en eux-mêmes y paroiſſent difformes, & reguliers qu'au contraire s'ils ont certaines difformités ſoit naturelles ſoit artificielles, elles peuvent diſparoître lorſqu'on les regarde dans ces miroirs. Il y a des regles pour tracer ſur de la toile ou du papier des figures qui n'étant aucunement reſſemblantes aux objets qu'on a voulu peindre, ſont néanmoins paroître dans ces miroirs des images regulieres & entierement ſemblables aux mêmes objets. On ne dira rien de plus de ces miroirs, ce qui ſuit a principalement rapport aux miroirs ſphériques, on fera enſuite remarquer d'une maniere particuliere les proprietés & les effets des miroirs parabolique, elliptique & hyperbolique.

*Des miroirs ſpheriques.*

20. Les miroirs ſpheriques, convexes & concaves ont des proprietés communes qu'on va expoſer en peu de mots,

1°. Un miroir ſpherique eſt repréſenté par un arc de cercle, comme il a été dit; & cet arc étant ſuppoſé un polygone d'une infinité de côtés, les prolongemens qui en ſont les tangentes repréſentent les plans d'incidence ou les miroirs plans dont les miroirs ſpheriques ſont compoſés. De ſorte qu'un rayon incident & le rayon refléchi correſpondant ſont des angles égaux avec ces plans, donc ils ſont auſſi des angles égaux avec la perpendiculaire au point d'incidence, car ces angles ſont les complemens des angles d'incidence & de refléxion leſquels ſont égaux. Les demi diamétres de la ſurface ſpherique ſoit convexe ſoit concave tirés aux points

de contingence ſont les perpendiculaires dont il s'agit. L'infléxion des rayons de lumiere à la rencontre des miroirs ſpheriques convexes & concaves ſe démontre de la même maniere, c'eſt poutquoi une même figure peut ſervir pour ces deux ſortes de miroirs en ſuppoſant que les rayons incidens viennent de côtés oppoſés. Si un rayon de lumiere AG ou *a*G (*Fig.* 41.) tombe perpendiculairement ſur une ſurface ſpherique convexe ou concave, enſorte qu'il faſſe avec la tangente LL au point d'incidence G des angles droits, ou ce qui eſt la même choſe, qu'il paſſe prolongé ou non par le centre C de la ſurface ſpherique, il eſt refléchi ſur lui-même, c'eſt-à-dire que le rayon incident & le rayon refléchi ſont ſur la même ligne. Un tel rayon eſt appellé l'axe. Si le point d'où un tel rayon incident vient eſt à une diſtance infinie, les autres rayons qui en viennent lui ſont paralleles, c'eſt-à-dire qu'ils le ſont à l'axe; mais ſi ce point eſt à une diſtance finie, ils ſont des angles finis avec le même axe. Entre les rayons incidens qui viennent d'un point radiant, il y en a un qui étant prolongé paſſeroit par le centre, & qui eſt par conſéquent l'axe; ainſi les rayons qui viennent d'un même point ont toujours un axe. Entre les rayons paralleles il n'y en a qu'un qui étant prolongé paſſeroit par le centre, & eſt perpendiculaire à la tangente au point de contingence G, comme le rayon AG ou *a*G; les autres rayons tels que DE ou *d*E ſont obliques aux tangentes correſpondantes telles que *l*E*l*; c'eſt pourquoi pour avoir la ſituation du rayon refléchi, il faut faire l'angle de refléxion FE*l*, ou BE*l* égal à l'angle d'incidence *d*E*l* ou DE*l*, ou bien les angles CEF, BEH égaux aux angles *d*EC, DEH qui ſont les complemens des angles d'incidence, le point C étant le centre de la ſurface ſpherique convexe ou concave, & CEH la perpendiculaire au point d'incidence E.

21. Les rayons *d*E ou DE paralleles à l'axe GA, & qui en ſont très-proches étant refléchis ſuivant EF ou EB ont leur point de concours ou de divergence F ſur le même axe, diſtant du miroir du quart du diamétre ou de

la moitié du demi diamétre de la surface spherique. Car l'angle FEC ou HEB formé par le rayon refléchi EF ou EB prolongé en F & la perpendiculaire CEH est égal à l'angle *d*EC ou DEH formé par la même perpendiculaire CEH & le rayon incident *d*E ou DE ; ( IV. n. 6. ) or l'angle *d*EC ou DEH est égal à l'angle ECF; (27. *G.*) donc le triangle FCE est isoscele ; donc le côté CF est égal au côté FE; (6. *G.*)mais on suppose que le rayon incident *d*E ou DE est très-près de l'axe , ou que l'arc EG est extrémement petit , donc l'angle ECG qui est mesuré par cet arc est aussi extrémement petit , ou ce qui est la même chose , l'angle CFE est presque égal à deux droits , & les côtés CF , FE se confondent quasi avec le grand côté CE ; donc chacun en est la moitié , ou la moitié du demi diamétre CG qui est égal à CE ; donc le point de concours ou de divergence F des rayons refléchis EF ou EB prolongés en F est sur l'axe *a*GA distant du miroir du quart du diamétre ou de la moitié du demi diamétre de la surface spherique.

22. Plus les rayons incidens *d*E ou DE ( *Fig.* 42. ) auront leur point d'incidence E éloigné du point G où l'axe rencontre le miroir spherique , plus le point de concours F sera éloigné du centre C & proche du miroir , ensorte que si l'arc GE est de 60 deg. , le rayon refléchi FE ou BE prolongé en F concourra sur l'axe au point G. Car on vient de voir que dans le triangle CFE la portion CF de l'axe comprise entre le centre C & le point de concours F est égale à FE , ou que le triangle CFE est isoscele , donc les angles sur la base CE sont égaux : ( 6. *Géom.* ) or l'angle C est de 60 deg. , donc l'angle FEC est pareillement de 60 deg. ; donc le triangle CFE ayant ses trois angles chacun de 60 deg. est équilateral , & par conséquent CF=CE=CG donc CF=CG.

23. Si le point d'incidence M du rayon incident *n*M NM est éloigné du point G de 45 degrés , le rayon refléchi MS ou MR prolongé sera perpendiculaire à l'axe *a*GA. Car les deux angles CMS SCM seront chacun de

45 deg. , & pris ensemble vaudront un angle droit, puisque le triangle CSM est isoscele , par conséquent CSM sera un angle droit. ( 5. *Géom.* ) Il est évident par là que plus les rayons incidens paralleles à l'axe ont leur point d'incidence éloigné du point G, plus leur point de concours ou de divergence avec le même axe est proche de ce point G ; d'où il suit que les rayons refléchis concourent avant que de rencontrer l'axe ; ainsi les rayons refléchis MS EF , ou MR EB prolongés concourent en un point Z avant que de rencontrer l'axe en S & F.

24. Suivant ce qui a été dit du lieu de l'image d'un point radiant ou d'un objet exposé au devant d'un miroir plan, sçavoir, qu'elle paroît dans l'endroit d'où les rayons refléchis à l'œil paroissent venir en dernier ; on peut conclure que dans le cas du parallelisme des rayons incidens, si l'œil est dans l'axe il verra le point radiant ou son image à la distance du miroir du quart du diamétre ; car on vient de voir que les rayons incidens qui en viennent & qui sont très-proches de l'axe étant refléchis ont leur point de concours ou de divergence sur le même axe à la distance du miroir du quart du diamétre de la surface spherique. Mais si l'œil est hors de l'axe les rayons refléchis auront leurs points de refléxion à une certaine distance du point G , & ils concourront en un point Z avant de rencontrer l'axe ; c'est pourquoi l'image du point radiant paroîtra hors de l'axe , & elle en sera d'autant plus éloignée que les rayons refléchis auront leurs points de refléxion éloignés du point G ou l'axe traverse le miroir.

25. Il suit de-là que le point radiant demeurant à la même distance d'un miroir spherique, son image peut paroître en plusieurs endroits selon la situation de l'œil ; & c'est là une des différences qui se trouve entre ce miroir & le miroir plan , car quelle que soit la situarion de l'œil à l'égard d'un miroir plan , il voit toujours le point radiant ou son image dans le même endroit, parce que les rayons incidens étant refléchis ont leur point de concours ou de divergence en un même point , au lieu que les rayons pa-

ralleles qui tombent sur une surface sphérique, convexe ou concave sont refléchis de telle sorte qu'ils concourent entr'eux & avec l'axe en différens points.

26. Si le piont radiant est à une distance finie, ensorte que les rayons de la pyramide de lumiere qui en vient, & qui a pour base le miroir, fassent entr'eux des angles finis, ce sera la même chose, c'est-à-dire que si l'œil est dans l'axe de cette pyramide ou dans le rayon qui passeroit par le centre de la surface sphérique, le point radiant paroîtra aussi sur le même axe, mais si l'œil est hors de cet axe, le point de concours ou de divergence des rayons refléchis qui entreront dans la prunelle sera à quelque distance de l'axe, & c'est-là que l'image du point radiant paroîtra.

Comme la prunelle a quelque ouverture, on peut supposer qu'elle embrasse les axes d'un certain nombre de pyramides de lumiere ; & pour lors les points radiants qui la lancent ou qui la refléchissent seront vûs sur ces axes, mais les autres points de l'objet seront vûs hors des axes correspondans. Cependant comme l'arc qui mesure l'étendue ou la largeur des miroirs sphériques n'excéde pas ordinairement 20 ou 30 deg., il s'ensuit que l'écart des points d'incidence à l'égard du point G ou l'axe rencontre le miroir ne sera pas considérable, ainsi les rayons refléchis auront leurs points de concours ou de divergence fort près de l'axe, & asses près pour qu'on puisse supposer sans grande erreur qu'ils sont sur l'axe même ; c'est pourquoi on supposera dans la suite que l'image est vûe entre les axes qui partent des extrémités de l'objet. Cette supposition & celle que l'œil est dans quelqu'un des axes qui partent de l'objet serviront à déterminer le lieu de l'image ou sa distance au miroir & l'étendue ou l'espace qu'elle occupe. Ce qu'on va dire de ce lieu dans la supposition que l'œil est dans quelqu'un des axes pourra faire juger de l'endroit où il la voit lorsqu'il n'est dans aucun.

*Les effets & les proprietés du miroir ſphérique convexe.*

27. 1°. Les objets qui ſont à une diſtance infinie ſont vûs au-delà du miroir à la diſtance d'un quart du diamétre de la convexité. Car les rayons qui partent de chaque point radiant ſont paralleles entr'eux, & ceux qui ſont proches de l'axe étant refléchis ont leur point de concours avec le même axe diſtant de la ſurface ſphérique du quart du diamétre de la convexité ; de plus on ſuppoſe que l'œil eſt dans le cours de ces rayons refléchis ; donc ce ſont ces rayons refléchis qui excitent la viſion de l'objet ou de ſon image : or c'eſt dans l'endroit de leur concours qu'ils la font paroître, par conſéquent ſi l'œil eſt dans quelqu'un des axes l'objet ſuppoſé à une diſtance infinie paroîtra au-delà du miroir à la diſtance du quart du demi diamétre de la convexité. Ainſi les aſtres, comme le Soleil, les étoiles, les planetes & même la Lune paroiſſent à cette diſtance lorſqu'on leur expoſe un miroir ſphérique convexe. Car la diſtance qu'il y a d'ici à ces objets eſt comme infinie par rapport à la grandeur du miroir : les objets terreſtres fort éloignés ſont auſſi vûs à cette diſtance, parce qu'à cauſe de l'éloignement les rayons qui partent d'un même point ſont ſenſiblement paralleles.

28. 2°. Le miroir ſphérique convexe fait paroître les objets plus petits qu'ils ne paroiſſent à la vûe ſimple ou avec un miroir plan. Car l'image eſt compriſe entre les deux axes qui partent des extrémités de l'objet : or ces axes prolongés paſſeroient par le centre de la convexité du miroir & y feroient un angle qui auroit deux baſes ; ſçavoir, le diamétre de l'objet & le diamétre de l'image ; & puiſque c'eſt l'image qui eſt plus proche du centre ou du ſommet de l'angle, il s'enſuit qu'elle eſt moindre que l'objet ; donc le miroir ſphérique convexe diminue l'apparence des objets.

29. 3°. Les images des objets prennent la courbure ou la convexité du miroir. Car chaque point radiant eſt vû

ſur l'axe qui lui correſpond, & ſon lieu apparent eſt éloigné du miroir du quart du diamétre de la convexité; or ſi on imagine des lignes tirées de tous les points de l'objet au centre de la ſurface ſphérique, & qu'après avoir diviſé chaque demi diamétre, ou la partie compriſe entre le miroir & le centre, on joigne tous les points de diviſion, il eſt clair qu'on tracera un arc ſemblable à la convexité du miroir, & que cet arc ſera la repréſentation de l'objet, donc &c. D'où l'on voit que plus le miroir ſera convexe plus l'image ſera petite & moins reſſemblante.

30. 4°. Si on place un fil ſur un des axes ou ſur une des lignes qui paſſent par le centre, ſon apparence ſera une ligne droite, car tous les points de ce fil ſeront vûs ſur le même axe, & formeront par conſéquent une ligne droite; mais ſi le fil ainſi tendu en ligne droite n'eſt point perpendiculaire à la ſurface ſphérique, ſon apparence ſera courbe comme il vient d'être dit, ce qui paroîtra encore plus évident par ce qui ſuit.

Si l'objet eſt aſſes près du miroir pour que les rayons qui partent d'un point A (*Fig.* 43.) ſoient ſenſiblement divergens, ou faſſent entr'eux des angles d'une grandeur déterminée, on aura ſur l'axe AGC le point de divergence des rayons refléchis, ſi après avoir diviſé le demi diamétre CG en deux parties égales au point F qui eſt le lieu de l'image lorſque le point radiant eſt à une diſtance infinie, on trouve une troiſiéme proportionnelle à FA & FG; ſçavoir F*f*, enſorte que l'on ait cette proportion FA . FG : : FG . F*f*.

Il faut donc prouver que le rayon incident AE, & les autres qui en ſont très-proches étant refléchis ſuivant EO, leurs prolongememens E*f* concourent avec l'axe AGC en un point *f* qu'on trouve par la proportion indiquée. Du point E il faut mener ED parallele à l'axe AGC, elle repréſentera un rayon incident, ſuppoſé que le point radiant fût à une diſtance infinie; & ſon rayon refléchi EB étant prolongé juſqu'à l'axe, le couperoit au point F qui diviſe en deux parties égales le demi diamétre CG. Cela

posé, les angles DEH, BEH que le rayon incident DE, & le rayon refléchi EB feroient avec la perpendiculaire CEH feroient égaux; (IV. n. 6. Les angles AEH OEH que le rayon incident AE, & le rayon refléchi EO font avec la même perpendiculaire sont aussi égaux; donc si on en retranche les deux autres, les restes BEO DEA seront aussi égaux: or l'angle DEA est égal à l'angle EAF, ( 27. *Géom.* ) donc l'angle BEO, ou son opposé au sommet FE*f* est égal à l'angle EAF, de plus les triangles EF*f*, AFE ont l'angle F qui leur est commun; donc les deux triangles sont semblables; ( 8, *Géom.* ) donc ils donnent cette proportion FA . FE : : FE . F*f*: mais si on suppose que les rayons incidens AE sont très-proches de l'axe AGC la ligne FE sera très-sensiblement égale à FG donc on aura FA . FG : : FG . F*f*. Ce qu'il falloit demontrer.

31. Cette proportion démontre que si le point radiant A s'éloigne du miroir, FA augmentant par rapport à FG, FG augmentera par rapport à F*f*; or FG en elle-même conserve la même grandeur, donc si elle augmente par rapport à F*f*, il faut que celle-ci diminue, par conséquent le point de divergence *f* des rayons réfléchis EO s'éloigne du miroir vers le point F à mesure que le point radiant A parvient à de plus grandes distances, & le point *f* se confond enfin avec le point F, lorsque le point radiant A est à une distance infinie, car pour lors FA est infinie par rapport à FG, donc FG est aussi infinie par rapport à F*f*. Si au contraire le point radiant A s'approche du miroir, FA diminuera par rapport à FG, donc FG diminuera par rapport à F*f*, ou ce qui est la même chose, F*f* augmentera, & lorsque le point A touchera le miroir & qu'il se confondra avec le point G où l'axe le traverse, pour lors FA sera égale à FG; donc FG sera égale à F*f*; ainsi lorsque le point radiant touche le miroir dans la convexité, l'image le touche du côté de la concavité.

32. Toute l'espace que l'image peut parcourir en s'ap-

prochant & en s'éloignant du miroir, eſt égale au quart du diamétre de la convexité, car lorſque l'objet eſt à une diſtance infinie, l'image eſt éloignée du miroir d'un quart du diamétre de la convexité, & lorſqu'il s'en approche l'image s'approche de même, & pendant que l'objet parcourt l'intervalle infini qui eſt entre lui & le miroir, l'image ne parcourt que le quart du diamétre de la convexité, en ſorte qu'au moment que l'objet touche le miroir, l'image le touche auſſi; donc toute l'eſpace qu'elle peut parcourir eſt ſeulement égal au quart du diamétre de la convexité.

33. Selon la proportion FA.FG :: FG.F*f* l'objet ne doit point paroître hors du miroir ſi l'œil eſt dans l'axe ou dans les axes de la radiation ou des rayons incidens, puiſqu'elle s'approche du miroir avec l'objet, & qu'elle ne le touche qu'au moment que l'objet le touche auſſi; cependant M. Wolf rapporte une expérience par laquelle il s'eſt convaincu que l'objet peut paroître hors du miroir ſphérique convexe, lorſque l'œil eſt hors des axes de la radiation, & qu'il le voit au moyen des rayons réfléchis les plus obliques.

34. Si on place un fil en ligne droite ſur un des axes de la radiation & qu'il touche le miroir à une de ſes extrémités, ſon apparence ſera auſſi ſur l'axe, comme il a été dit, & ſera une ligne droite; or quelque longueur qu'on donne au fil, quand même elle ſeroit infinie, l'apparence n'occupera ſur l'axe que le quart du diamétre de la convexité; car le point qui touche le miroir aura ſon apparence en ce point là même, & le point qui ſera à une diſtance infinie, aura ſon image entre le centre & le miroir éloignée de l'un & de l'autre du quart du diamétre; donc toute l'apparence du fil ſera compriſe entre le miroir & le point qui diviſe le demi diamétre de la convexité en deux parties égales; elle occupera donc le quart du diamétre, c'eſt-à-dire toute l'eſpace que l'image d'un point radiant peut parcourir durant le tems que ce point parcourt un eſpace infini ſoit en s'approchant, ſoit en s'éloignant du miroir.

35. Ce qu'on a dit de la diminution & de la courbure des images lorsque l'objet IK est à une distance infinie, a lieu aussi lorsqu'il est à une distance finie, & que les rayons incidens qui partent d'un même point sont sensiblement divergens.

*Les effets & les propriétés du miroir sphérique concave.*

36. 1°. On a prouvé que les rayons de lumiere qui partent d'un point radiant fort éloigné, ou dont la distance est comme infinie par rapport au diamétre d'un miroir concave, étant réfléchis ont leur concours sur l'axe au point qui divise en deux parties égales le demi diamétre de la surface sphérique, en sorte qu'il est également distant du centre & du miroir ; & parce que ce qui convient aux rayons qui partent d'un point, convient aux rayons qui partent des autres points de l'objet supposé, il s'ensuit que l'image ou l'apparence sera formée par l'assemblage de tous ces points de concours, & que son lieu sera distant du miroir d'un quart du diamétre de la surface sphérique.

37. Le point de concours où des rayons incidens paralleles s'amassent, étant réfléchis par un miroir concave, est appellé *le foyer*. On verra dans la suite sur quoi cette dénomination est fondée.

38. L'image qui se forme au foyer d'un miroir sphérique concave est renversée, car elle est comprise entre les rayons de lumiere qui partant des extrémités de l'objet sont perpendiculaires au miroir ; or ces rayons passent par le centre de la surface sphérique & s'y croisent, donc celui qui vient de la droite passe à la gauche, & celui qui est à la gauche passe à la droite ; de même celui qui vient de la partie supérieure va se terminer à la partie inférieure du miroir, & celui qui part de la partie inférieure de l'objet va rencontrer la partie supérieure, c'est-à-dire que tous les axes de la radiation changent de situation par rapport à l'objet, ainsi ce qui est à la droite se

représente à la gauche, & ce qui est à la gauche se représente à la droite, la partie supérieure de l'objet occupe la partie inférieure de l'image, & la partie inférieure la partie supérieure ; par conséquent l'image d'un objet fort éloigné & qui est comme à une distance infinie, paroît renversée au foyer d'un miroir sphérique concave. Ainsi avec ce miroir on voit les astres comme le Soleil, la Lune & même les objets terrestres lorsqu'ils sont dans un grand éloignement ; on les voit, dis-je, renversés & éloignés du miroir en devant du quart du diamétre de la surface sphérique.

39. Il est aisé de juger que cette image est extrêmement petite, & d'autant plus petite que l'objet est plus éloigné ; car les diamétres de l'objet & de l'image soutendent des angles égaux qui ont leur sommet commun au centre de la Sphere dont le miroir est une portion ; or plus les côtés d'un même angle ou d'angles égaux sont petits plus les bases sont aussi petites, ensorte que si un objet est un million de fois plus éloigné du centre de la surface sphérique que ne l'est l'image, l'image sera un million de fois moindre.

40. Plus un miroir sphérique est grand, ou plus la Sphere dont il est une portion est grande, plus les images des objets fort éloignés sont grandes ; ou ce qui est la même chose, les grands miroirs diminuent moins les objets éloignés que les petits miroirs : ainsi supposons qu'on présente au Soleil deux miroirs inégaux, le grand appartenant à une Sphere dont le diametre est 10 fois plus grand, le Soleil se représentera au devant de chaque miroir à la distance d'un quart du diamétre de la surface sphérique, l'image sera donc distante du centre du quart du même diamétre, & elle soutendra de part & d'autre des angles égaux à l'angle sous lequel nous voyons le Soleil de la terre ; mais parce que l'image qui se forme au devant du grand miroir est la base d'un angle dont les côtés sont dix fois plus grands, il s'ensuit qu'elle est aussi dix fois plus grande ; donc un tel miroir diminue les objets

éloignés dix fois moins qu'un miroir dont la ſphere a un diamétre dix fois moindre. On peut donc conclure que les miroirs ſpheriques concaves diminuent les objets éloignés dans la proportion des diamétres des ſpheres dont ils ſont des portions ou que les images ſont comme les diamétres.

41. Si on imagine qu'un objet fort éloigné, ou ſuppoſé à une diſtance infinie s'approche d'un miroir ſpherique concave, ſon image ſera toujours renverſée, parce que les axes de la radiation entre leſquels elle ſera compriſe continueront de ſe croiſer au centre de la ſphére, & elle s'éloignera du miroir à meſure que l'objet s'en approchera, & tandis que l'objet parcourra l'eſpace infini qui eſt entre lui & le centre, ſon image paſſera du foyer au même centre; & à quelque diſtance qu'on ſuppoſe l'objet, on trouvera le lieu de ſon image par une proportion ſemblable à celle qu'on a employée dans le miroir ſpherique convexe. Il ſuffira de déterminer le lieu de l'image d'un ſeul point radiant.

42. Soit le point radiant A (*Fig.* 44.) plus éloigné du miroir LL que le centre C de la ſurface ſpherique, duquel partent une multitude de rayons de lumiere, entre leſquels on ne conſidérera que celui qui paſſe par le centre C, ſçavoir, ACG lequel eſt l'axe de la radiation, & le rayon incident AE. Il eſt certain que le rayon reflêchi EO coupera l'axe ACG en un point $f$, qui ſera entre le foyer F & le centre C. Car ſi on ſuppoſe que BE eſt un rayon incident parallele à l'axe ACG, ou qu'il vient d'un autre point radiant auſſi éloigné que l'étoit le point A lorſqu'il étoit à une diſtance infinie; après la refléxion, il coupera l'axe ACG au foyer F, & le rayon reflêchi EF fera avec la perpendiculaire HCE l'angle HEF égal à l'angle HEB que la même perpendiculaire fait avec le rayon incident BE; par la même raiſon le rayon reflêchi EO fait avec la perpendiculaire HCE l'angle HEO égal à l'angle HEA que la même perpendiculaire fait avec le rayon incident AE: or puiſque l'angle HEB eſt plus grand que l'angle HEA, il s'enſuit que l'angle HEF eſt

plus grand qne l'angle HEO; par conséquent le rayon refléchi EO coupe l'axe en un point *f* qui est entre le centre C & le foyer F : par conséquent si le point radiant A est à une distance finie, mais plus éloigné du miroir que le centre C de la surface spherique, son image sera entre le centre & le foyer F.

43. Pour déterminer le lieu du point *f* ou de l'image du point radiant A, on retranchera des angles égaux HEB HEF les angles égaux HEA HEO, & on aura les restes ou les angles partiaux AEB *f*EF qui seront égaux; or l'angle AEB est égal à l'angle EAF, donc l'angle *f*EF est aussi égal à l'angle EAF; d'ailleurs l'angle F est commun aux deux triangles F*f*E EFA, donc ces deux triangles sont semblables; donc AF . FE :: FE . F*f*, & parce qu'on suppose que le rayon incident AE est fort près de l'axe ACG, ou que l'arc EG est très-petit FE=FG, donc AF . FG :: FG . F*f*. Les deux premiers termes de cette proportion continue étant connus, le troisiéme F*f* le sera par leur moyen; ainsi à quelque distance que se trouve le point radiant A, le lieu de son image pourra être déterminé par cette proportion.

44. Supposons que le point radiant A est à une distance infinie, pour lors AF sera infiniment grande par rapport à FG, donc FG sera infiniment grande par rapport à F*f*, ou ce qui est la même chose, F*f* sera infiniment petite ou de nulle valeur, par conséquent le point *f* tombera au foyer, c'est-à-dire que l'image du point radiant A supposé à une distance infinie sera au foyer, c'est ce qu'on avoit déja conclu.

45. Si le point radiant A s'approche, AF diminuera par rapport à FG, donc FG diminuera par rapport à F*f*, ou ce qui est la même chose, F*f* augmentera, puisque FG est une quantité constante, donc l'image du point radiant A s'éloignera du foyer, elle s'éloignera aussi du miroir, parce que comme il vient d'être prouvé, l'angle HE*f* ou HEO est moindre que l'angle HEF; donc si le point radiant A s'approche d'un miroir sphérique con-

cave, son image s'en éloigne, pourvû que ce point soit endeçà du centre C; or tant que le point A sera endeçà de ce centre, AF sera plus grande que FG, donc FG sera plus grande que F*f*; ainsi le lieu de l'image sera entre le foyer F & le centre C, car CF=FG. Mais si le point A arrive au centre C, pour lors AF sera égale à FG, puisque le point F divise le demi diamétre CG en deux parties égales, donc FG sera égale à F*f*, par conséquent le point *f* se confondra avec le point C; donc le lieu de l'image sera alors le même que celui de l'objet, d'où l'on voit que tandis que le point radiant A parcourt un espace infini, son image *f* parcourt seulement l'espace FC compris entre le foyer F & le centre C de la surface sphérique, & égal au quart du diamétre de cette surface ou de la sphere dont elle est une portion.

46. Si le point radiant A continue de s'approcher du miroir, son image *f* s'en éloignera de plus en plus en passant endeçà du centre C, ensorte que le point A parcourant l'espace CF, son image sera mûe par un espace infini, car le point A s'approchant du miroir ou s'éloignant du centre C, AF sera moindre que FG, donc FG sera moindre que F*f*; donc le point *f* ou le lieu de l'image sera endeçà du centre C; si le point A arrive au foyer F, pour lors AF sera infiniment petite par rapport à FG, donc FG sera aussi infiniment petite par rapport à F*f*, ou F*f* infiniment grande par rapport à FG ou FC; donc tandis que l'objet A parcourt le quart du diamétre de la sphere dont le miroir concave est une portion, l'image fait un chemin infini endeçà du miroir.

47. Si le point radiant A (*Fig.* 45.) continue de s'approcher du miroir en s'éloignant du foyer F, les rayons incidens AE étant réfléchis en EO, cesseront de concourir avec l'axe endeça du centre C; ce seront leurs prolongemens E*f* qui rencontreront l'axe aussi prolongé au delà du miroir; ainsi les rayons réfléchis seront divergens, & l'on déterminera encore le point de divergence *f* par la proportion AF . FG :: FG . F*f*.

1°.

1°. On prouvera que les rayons réfléchis EO doivent être divergens; car puiſque le point A eſt entre le foyer F & le miroir, l'angle HEA eſt plus grand que l'angle HEF; donc il eſt auſſi plus grand que l'angle HEB, lequel eſt égal à l'angle HEF : or BE eſt parallele à l'axe, donc le rayon refléchi EO étant prolongé fait avec l'axe un angle égal à BEO; & parce que l'angle HEO eſt plus grand que l'angle HEB, il s'enſuit que le rayon refléchi EO prolongé coupera l'axe auſſi prolongé au-delà du miroir.

2°. On prouvera auſſi, comme on a fait, que les triangles FE*f* FAE ſont ſemblables, & que l'on a toujours la proportion FA . FE ou FG : : FG . F*f*; donc l'image ou l'apparence du point radiant A ſera au-delà du miroir au point *f*, dont on déterminera le lieu par cette proportion.

48. Lorſque le point radiant A eſt au foyer F, les rayons incidens FE ſont refléchis parallelement à l'axe; c'eſt ce que démontre la proportion. Car on a déja remarqué que le point A étant au foyer F, la longueur F*f* eſt infiniment grande par rapport à FG, & que le point de concours *f* du rayon refléchi avec l'axe eſt à une diſtance infinie, par conſéquent ce rayon eſt parallele à l'axe. Cela ſe prouve encore de cette maniere, le triangle EFC eſt iſoſcele, puiſque FC=FG & que FE=FG, donc les angles ſur la baſe EC ſont égaux : or l'angle BEC eſt égal à l'angle FEC, donc il eſt auſſi égal à l'angle FCE, par conſéquent le rayon refléchi EB du rayon incident FE eſt parallele à l'axe, puiſque les angles alternes ſont égaux. D'où l'on voit que l'image ayant parcouru un eſpace infini en deçà du miroir, tandis que l'objet A eſt allé du centre C au foyer F, elle paroît enſuite au-delà du miroir à une diſtance auſſi infinie, pour peu que l'objet A s'éloigne du foyer en s'approchant du miroir : mais FA augmentant à meſure que le point radiant A s'approche du miroir, FG augmentera auſſi par rapport à F*f*, ou ce qui eſt la même choſe F*f* diminuera, & le lieu apparent de l'image

s'approchera aussi ; & lorsque le point A touchera le miroir, FA sera égale à $Ff$: c'est pourquoi lorsque l'objet touche le miroir son image le touche de même.

49. Il paroît donc que le point radiant A parcourant la moitié CF du demi diamétre CG, son image fait un chemin infini en deçà du miroir & en s'éloignant toujours ; & que le point A parcourant l'autre moitié FG du même demi diamétre, le lieu apparent de l'image fait aussi un chemin infini en s'approchant continuellement du miroir.

50. Tant que l'image est en deçà ou en devant du miroir elle est renversée, parce qu'elle n'est jamais du même côté que l'objet par rapport au centre C; de sorte que les axes entre lesquels elle est comprise se coupant au point C, la droite de l'objet se peint à la gauche & la gauche à la droite. L'image est toujours ou plus grande ou plus petite que l'objet tant qu'elle est en devant du miroir, elle est plus petite lorsqu'elle parcourt l'espace FC (*Fig.* 44.) en s'éloignant du miroir. Car elle & l'objet soutendent des angles égaux qui ont leur sommet au centre C: or l'angle $AEf$ est divisé en deux parties égales par la perpendiculaire ECH ; donc, comme on le démontre en Géométrie, la base $Af$ est divisée au point C en parties proportionnelles aux côtés, donc la partie AC qui répond au plus grand côté AE est plus grande que la partie $Cf$ qui répond au moindre côté $fE$ : mais la partie AC est un des côtés de l'angle que l'objet en A soutend ; & la partie $Cf$ est aussi un des côtés de l'angle que l'image en $f$ soutend, donc l'image en $f$ étant toujours plus près du centre ou du sommet de l'angle auquel elle sert de base est moindre que l'objet. Mais si l'objet parcourt l'espace CF, l'image sera en deçà du centre C, & pour lors elle sera plus grande que l'objet. Ce qui se démontre de la même maniere qu'on vient de prouver qu'elle est plus petite, lorsqu'elle se meut dans l'espace FC.

51. Il suit de ce qu'on vient de dire du lieu de l'image lorsqu'elle est en devant du miroir que si l'objet est près du centre C & en deçà, & que l'œil soit dans le cours des

rayons refléchis, il la verra en l'air dans l'eſpace CF, grande à peu près comme l'objet & renverſée ; ſi l'objet s'avance vers le centre, l'image paroîtra auſſi s'en approcher ; ſi l'objet paſſe dans l'eſpace CF, l'image paroîtra s'éloigner davantage du miroir ; enſorte que ſi on préſente une bougie allumée, & qu'on la faſſe mouvoir dans l'eſpace CF, on verra une traînée de lumiere ſortir du miroir, & s'élancer à une plus grande diſtance que n'eſt la bougie; ſi on tient une épée la pointe tournée vers le miroir, elle paroîtra de même ſortir, & la pointe s'avancer contre celui qui tient la vraie épée. Car plus les parties d'un objet ſont proches du miroir plus les images que les rayons refléchis peignent en ſont éloignées, conformément à la proportion AF . FG : : FG . F*f* : or comme la pointe de l'épée eſt plus près du miroir que la piognée, il s'enſuit que ſon image précédera ou ſera la plus éloignée du miroir ; ſi l'objet s'approche davantage du foyer F, le concours des rayons refléchis ſe faiſant à une plus grande diſtance, l'œil ſe trouvera entre l'image & le miroir, & la viſion ſera confuſe, ſoit parce que les rayons refléchis entreront dans l'œil convergens, ou bien les uns paralleles ou preſque paralleles, & les autres convergens : or l'expérience montre que la viſion pour être diſtincte, les rayons de la lumiere doivent traverſer la prunelle étant divergens ou tout au plus paralleles, puiſque les rayons qui viennent d'un point radiant forment un cone ou une pyramide qui a pour baſe la prunelle.

52. Si l'objet arrive au foyer la viſion eſt encore confuſe, parce que les rayons qui partent d'un même point de l'objet ſont, après la refléxion, les uns paralleles & les autres encore convergens, ou peut-être même divergens, ſelon que les points optiques d'où ils partent ont leurs parties plus ou moins proches du point mathématique F : mais ſi l'objet eſt entre le foyer F & le miroir, les rayons qui partent d'un même point ſeront refléchis étant divergens, & la viſion ſera pour lors diſtincte. L'image ſera droite, car elle & l'objet ſeront d'un même côté par rapport au

centre C, ou par rapport au ſommet de l'angle auquel ils ſervent l'un & l'autre de baſe : ainſi les parties de l'objet ſe repréſentant du même côté qu'elles ſont ſituées, l'image ſera droite ; elle ſera au-delà du miroir, puiſque les prolongemens des rayons refléchis concourent au-delà ; elle ſera plus grande parce qu'elle ſera plus éloignée du ſommet de l'angle. Par conſéquent le miroir ſpherique concave groſſit les objets qui ſont entre lui & le foyer F, mais à meſure qu'un objet s'approche davantage, l'image s'approche auſſi, conformément à la proportion FA.FG: :FG. F*f*: c'eſt pourquoi elle diminue, & lorſque l'objet touche le miroir, FA étant égale à FG, il s'enſuit que FG eſt égale à F*f*, & que l'image le touche de même ; c'eſt pourquoi elle eſt alors égale à l'objet, parce que les deux baſes de l'angle formé par les axes qui ſe croiſent au centre C ſe confondent en une.

53. Si on place un fil ſur un des axes, enſorte qu'il ſoit perpendiculaire au miroir, & d'une longueur égale à FG, c'eſt-à-dire égale au quart du diamétre de la ſurface ſpherique, de façon qu'il touche le miroir par un bout, & par l'autre le foyer F, ſon apparence aura une longueur infinie. Car le point qui touchera le miroir ſe repréſentera ſur le miroir même, mais le bout qui ſera en F aura ſon apparence à une diſtance infinie, puiſque les rayons qui en partent ſont refléchis paralleles ou ſi peu divergens qu'ils ſont quaſi paralleles, donc leurs prolongemens ne concourent qu'à une diſtance infinie : or l'image du fil eſt compriſe entre ce point de concours & le miroir ; par conſéquent elle a une longueur infinie.

Si on tient le fil *ik* parallelement au miroir ou perpendiculaire à l'axe ACG, (*Fig*. 44.) ſon apparence ſera une ligne courbe. Car le point milieu du fil ſera le plus éloigné du miroir, & les extrémités les plus proches. Cela étant, ſi le fil eſt entre le foyer F & le miroir, le point du milieu ſe repréſentera à une plus grande diſtance au-delà du miroir ; cependant ſi l'apparence du fil étoit une ligne droite le contraire arriveroit, les extrémités paroîtroient

plus éloignées, comme on le voit en IK. Si le fil eſt en deçà du foyer F, le point du milieu ſe peindra auſſi le plus près du miroir, comme en étant le plus éloigné, & les extrémités auront chacune la leur plus éloignée, comme étant les plus proches; par conſéquent l'apparence ſera encore une ligne courbe.

54. Si un ſpectateur a l'œil au centre C, il ne verra par refléxion que ſon œil qui couvrira tout le miroir. Car de tous les rayons refléchis par le miroir, il n'y a que ceux qui ſont perpendiculaires à la ſurface ſpherique qui paſſent par le centre C, & qui arrivent par conſéquent à l'œil qui y eſt ſitué; donc les rayons incidens qui leur correſpondent doivent auſſi paſſer par le centre C, & être de même perpendiculaires au miroir: or puiſque l'œil eſt au centre C, il s'enſuit qu'il n'y a que l'œil qui envoye vers le miroir des rayons qui paſſent par ce centre, donc l'œil ne reçoit par refléxion que les rayons qu'il envoye, donc il ne ſe voit que lui-même; & parce que les rayons qu'il reçoit ſont refléchis par toute la ſurface ſpherique vers le point C, il s'enſuit qu'il voit ſon image auſſi grande que le miroir.

55. Le miroir ſpherique concave a encore une propriété conſidérable, c'eſt de brûler les corps combuſtibles, comme le bois, de calciner les pierres de les vitrifier, de fondre les métaux &c. C'eſt pour cette raiſon qu'on l'appelle miroir ardent; on l'expoſe directement au Soleil afin que le rayon qui part du centre de cet aſtre ſoit perpendiculaire à la ſurface ſpherique; on place au foyer F les corps ſur leſquels on veut faire l'expérience, & la lumiere du Soleil refléchie par le miroir vers cet endroit a aſſez de force pour produire les effets qu'on vient de citer.

Si la lumiere refléchie ſe concentroit toute au point F, elle ſeroit infiniment plus brulante que la lumiere directe; mais 1°. Le corps du Soleil ſoutend un angle d'un demi degré ou de 30′, donc ſon image en ſoutient auſſi un de la même grandeur, donc la lumiere refléchie occu-

pe en F un eſpace dont le diamétre ſoutend un angle de 30′. 2°. Tous les rayons qui partent d'un même point de l'aſtre ne ſe réuniſſent pas exactement en un même point de l'axe correſpondant, ce qui augmente encore le diamétre de l'eſpace que la lumiere reflêchie occupe. Cependant dans le calcul qu'on va faire, on n'aura aucun égard à cette cauſe de diminution qui n'eſt pas conſidérable, lorſque le miroir eſt une petite portion d'une grande ſphere. Suppoſons qu'il eſt meſuré par un arc de 30 degrés, il eſt clair que la largeur du torrent de lumiere qui vient de l'aſtre ſera meſurée par la corde de cet arc, & ſi l'image du Soleil ſe peignoit ſur le miroir, ſon diamétre ſeroit égal à la corde d'un demi degré ou de 30′, parce que le diamétre apparent du Soleil ſoutend un angle de 30′, lequel a ſon ſommet au centre, comme il vient d'être dit; mais elle en eſt éloignée d'un quart du diamétre de la ſphere, puiſque le Soleil étant à une diſtance infinie, ſon image ſe peint au foyer, lequel eſt éloigné du miroir du quart du diamétre de la ſurface ſpherique, c'eſt pourquoi ſon diamétre eſt deux fois plus petit; il eſt donc égal au ſinus de l'arc ou de l'angle de 15′. Le ſinus de 15′ qu'on peut prendre ſans erreur ſenſible pour la corde du même arc eſt 436. Le ſinus de 15 deg. eſt 25882 dont le double eſt 51764; ce qui eſt la corde de 30 deg. Ces nombres ſont ſenſiblement comme 440 & 52000 ou comme 11 & 1300 en diviſant par 40, ce ſont les diamétres des eſpaces circulaires que la lumiere reflêchie & la lumiere directe occupent: or ces eſpaces ſont comme les quarrés des diamétres; (13. *Géom.*) d'ailleurs les forces d'un même quantité de lumiere ſont reciproquement comme les eſpaces qu'elle occupe; (I. n. 10. 11.) donc la force de la lumiere reflêchie eſt à la force de la lumiere directe, comme 1300×1300 eſt à 11×11 c'eſt-à-dire comme 1690000 & 121 ou à peu près comme 14000 à 1.

56. Si deux miroirs ſpheriques ſont des portions ſemblables de deux ſpheres inégales, celui qui eſt une portion de la grande ſphere a plus de force, parce qu'il reflêchit

plus de lumiere. Car les quantités de la lumiere refléchie sont comme les surfaces refléchissantes : or les arcs étant semblables les surfaces refléchissantes sont comme les quarrés des mêmes arcs, ou comme les quarrés des diamétres de leurs cercles ou des spheres, ensorte que si le diamétre d'une sphere est 10 fois plus grand, le miroir qui en est une portion refléchira 100 fois plus de lumiere : ainsi il aura une force centuple. Si les arcs qui mesurent les deux miroirs ont des cordes égales, & que néanmoins ils soient de portions de spheres inégales, la lumiere sera refléchie en même quantité par l'un & par l'autre, mais parce que le miroir qui fait partie de la petite sphere contient nécessairement plus de degrés, il réunit moins parfaitement la lumiere qu'il refléchit : ainsi celui des deux miroirs supposés, qui est une portion d'une plus grande sphere a plus de force.

*Les miroirs parabolique, élliptique & hyperbolique.*

57. On représente chacun de ces miroirs par la section qui lui est propre, de même qu'on représente un miroir spherique par la section d'un sphere ; sçavoir, un arc de cercle. La parabole & l'hyperbole qui servent de forme aux miroirs parabolique & hyperbolique ne sont point terminées suivant la longueur de l'axe, elles ont un cours infini dans ce sens, ainsi les miroirs auxquels elles servent de modele peuvent avoir une longueur à volonté ; mais l'éllipse de même que le cercle avec lequel elle a beaucoup d'affinité est terminée de tous côtés. Sur l'axe de chacune de ces courbes il y a deux points F O ( *Fig.* 46. 47. 48. ) appellés foyers. Leur proprieté, par rapport au sujet dont il s'agit, est que si de l'un & de l'autre de ces points on mene des lignes droites qui concourent en un point G de la courbe, les angles FGS PGI qu'elles font avec la tangente IGS au point G d'attouchement sont égaux entr'eux. Reciproquement si du foyer F on mene une ligne droite au point d'attouchement G, & de ce point une ligne GP qui fasse avec la tangente l'angle PGI égal à l'angle

FGS, la ligne GP tendra à l'autre foyer O. D'où il suit que si au foyer F il y a un point radiant, & que FG soit un rayon incident, le rayon refléchi GP tendra au foyer O; donc tous les rayons qui partent du point F, & qui rencontrent le miroir sont refléchis de maniere qu'ils tendent tous vers l'autre foyer O; car ce qui convient au rayon refléchi GP par rapport au rayon incident FG est vrai de tout autre rayon refléchi comparé à son incident. Le foyer O de l'éllipse (*Fig.* 47.) est en dedans de la courbe, de sorte que toute la lumiere qui part du point radiant supposé au foyer F, s'amasse par la refléxion du miroir à l'autre foyer O. Dans l'hyperbole le foyer O (*Fig.* 48.) est en dehors de la courbe dans l'hyperbole opposée; de sorte que ce sont les prolongemens GO des rayons refléchis GP qui tendent à l'autre foyer O au-delà du miroir, c'est pourquoi la lumiere refléchie est un peu divergente. Dans la parabole le foyer O (*Fig.* 46. est à une distance infinie, de sorte que les rayons refléchis sont paralleles à l'axe AO. Car deux lignes droites qui tendent vers un même point qui est à une distance infinie sont paralleles entr'elles, c'est pourquoi les rayons refléchis par un miroir parabolique sont paralleles entr'eux, lorsque le point radiant est au foyer F.

58. Si on imagine que ces trois courbes font une demie révolution autour de l'axe AO, elles décriront chacune une surface concave qui sera le miroir refléchissant. Et si l'on place une bougie au foyer F toute la lumiere sera refléchie en devant parallelement à l'axe par le miroir parabolique, un peu divergente par le miroir hyperbolique, & convergente par le miroir élliptique.

59. Les miroirs parabolique & hyperbolique peuvent servir à éclairer durant la nuit sur une route, parce qu'ils reflechissent la lumiere à une grande distance, & le miroir élliptique peut être de service à un homme de cabinet, à un artiste dans un laboratoire.

# DE LA LUMIERE REFRACTÉE

## *Ou la Dioptrique.*

V. 1. LA réfraction en général eſt le détour que prend un corps qui paſſe obliquement d'un milieu dans un autre qui n'eſt point de même denſité, comme lorſqu'on jette de biais une pierre contre une eau dormante, elle ne ſuit point en y entrant la direction qu'on lui a fait tenir dans l'air, mais elle s'en écarte : c'eſt dans cet écart que la réfraction conſiſte. Un corps qui pénétre obliquement dans un nouveau milieu peut ſe détourner de ſa direction ou vers la droite ou vers la gauche. Or quoique la réfraction ait un rapport direct & immédiat à la direction que le corps quitte, cependant on la rapporte à la perpendiculaire élevée au point d'incidence. Suppoſons que la boule A (*Fig.* 49.) va choquer la ſurface LL d'une eau tranquille ſuivant la direction oblique ACE, elle ſe détournera vers la droite & ſuivra CM parce que l'eau lui réſiſte davantage que l'air; mais ſi le nouveau milieu Z qu'elle pénétre réſiſtoit moins, elle prendroit ſon détour vers la gauche ſuivant CN : or comme il pourroit y avoir de l'équivoque ou de l'embarras à rapporter le détour ou la réfraction de la boule à la direction ACE, pour éviter toute difficulté on la rapporte à la perpendiculaire HCI au point d'incidence C, & l'on dit que la boule ſe réfacte en s'approchant ou en s'éloignant de la perpendiculaire, ſelon qu'elle prend ſa route ſuivant CN ou CM.

2. Dans la réfraction on conſidére la ſurface réfringente ou réfractive LL, le point d'incidence C qui eſt auſſi celui de réfraction, parce que la réfraction commence auſſi-tôt que le mobile rencontre le nouveau milieu; la ligne d'incidence ACE ſuivant laquelle le corps A eſt mû avant la réfraction; CM ou CN la ligne de ré-

fraction ou la direction que le mobile prend lorsqu'il se détourne ; HCI la perpendiculaire au point d'incidence & de réfraction ; ACL l'angle d'incidence formé par la ligne d'incidence ACE, & la surface réfringente LL ; ICM ou ICN l'angle de réfraction formé par la perpendiculaire d'incidence & la ligne de réfraction ; ECM ou ECN l'angle rompu ou réfracté formé par la direction du mobile avant & après la réfraction ; ACH l'angle d'inclinaison formé par la direction AC du mobile & par la perpendiculaire d'incidence, c'est le complément de l'angle d'incidence ACL. Il y a des Auteurs qui le prennent pour l'angle d'incidence même.

La lumiere de même que les corps sensibles est sujette à la réfraction, avec cette différence qu'elle pénétre les milieux durs & solides, par exemple, le verre, le cristal &c. & les milieux fluides qui sont les seuls accessibles aux corps grossiers.

3. On a prouvé dans les principes que si un corps sensible de figure sphérique entre obliquement dans un nouveau milieu qui résiste davantage, il se détourne en s'éloignant de la perpendiculaire d'incidence ; d'où il suit que si les corpuscules de la lumiere sont sphériques comme on peut le conjecturer vraisemblablement vû la régularité de la réflexion qui s'en fait à la rencontre des miroirs, ils doivent se détourner en s'éloignant de la perpendiculaire d'incidcence, lorsqu'ils pénétrent dans un milieu qui leur résiste davantage : or l'expérience a fait connoître que si un trait de lumiere passe du verre dans l'eau & de l'eau dans l'air, il souffre réfraction en s'écartant de la perpendiculaire d'incidence, d'où il suit que la lumiere trouve plus de résistance dans l'air que dans l'eau, & dans l'eau plus que dans le verre. Quoique tous les Physiciens conviennent du fait attesté par l'expérience, sçavoir que la lumiere pénétrant dans un milieu moins dense se détourne en s'éloignant de la perpendiculaire, il y en a cependant qui révoquent en doute, & même nient que l'air résiste davantage à la lumiere que l'eau

& l'eau plus que le verre. Cette queſtion ſera diſcutée plus au long dans la ſuite, il ſuffit quant à préſent de ſçavoir que ſi la lumiere paſſe dans un milieu qui ſoit plus denſe comme de l'air dans l'eau, dans le verre, &c. elle ſe réfracte en s'approchant de la perpeudiculaire d'incidence.

4. L'expérience a fait découvrir dans la réfraction de la lumiere une propriété qui eſt le fondement de la Dioptrique, comme l'égalité des angles d'incidence & de réflexion l'eſt de la Catoptrique; la voici. Suppoſons que deux rayons de lumiere BC AC (*Fig.* 50.) tombent obliquement ſur la ſurface refractive LL du nouveau milieu X plus denſe que le milieu Z qu'ils vont quitter. Suivant ce qui vient d'être dit, ils s'approcheront de la perpendiculaire HCI. Suppoſons qu'après la réfraction ils ſe meuvent ſuivant CM CN; ſi du point commun d'incidence C comme centre on décrit une circonférence qui rencontre les rayons incidens AC BC aux points AB, & les rayons rompus CM CN aux points MN, les lignes AF BH tirées perpendiculairement à la ligne HCI qui eſt la perpendiculaire d'incidence & de réfraction, ſeront les ſinus des angles d'inclinaiſon ACH BCH; & les lignes MO NI menées auſſi perpendiculairement à la même HCI feront les ſinus des angles de réfraction MCO NCI: or la propriété dont il s'agit conſiſte en ce que le rapport du ſinus d'un angle d'inclinaiſon au ſinus de l'angle de réfraction eſt conſtant ou invariable, enſorte que ſi ce rapport eſt connu pour une certaine inclinaiſon donnée, il ſera le même pour toute autre inclinaiſon qu'on voudra ſuppoſer; par exemple, ſi dans l'inclinaiſon du rayon AC le ſinus AF de l'angle ACF eſt double du ſinus MO de l'angle de réfraction MCO pareillement, le ſinus BH de l'angle d'inclinaiſon BCH ſera auſſi double du ſinus NI de l'angle de réfraction NCI, & ces quatre ſinus conſtitueront une proportion, & l'on aura AF. MO :: BH. NI.

5. Suivant l'expérience, ſi la lumiere paſſe de l'air

dans l'eau, le ſinus de l'angle d'inclinaiſon eſt au ſinus de l'angle de réfraction comme 4 eſt à 3 ; il faudra renverſer ce rapport ſi elle paſſe de l'eau dans l'air ; ſi le paſſage ſe fait de l'air dans le verre, le rapport du ſinus de l'angle d'inclinaiſon au ſinus de l'angle de réfraction ſera égal à celui de 3 à 2. En général le rapport de ces deux ſinus eſt appellé le rapport de la réfraction, & il eſt conſtant comme il vient d'être dit.

6. On conſidérera la réfraction de la lumiere principalement dans les verres & dans les inſtrumens de dioptrique qui doivent aider ou perfectionner la vûe, ce qui n'empêchera pas néanmoins qu'en chemin faiſant on n'entre dans l'explication des phénomenes les plus ordinaires. Les verres ſont plans, plans convexes, plans concaves, convexes des deux côtés, on les appelle alors *loupes*, *lentilles*, *verres lenticulaires*, ou bien ils ſont concaves des deux côtés, ou concaves d'un côté & convexes de l'autre, on les appelle *meniſques*.

La figure courbe qu'on donne aux verres eſt la ſphérique ; outre que dans l'exécution elle eſt la plus aiſée, on s'eſt encore apperçu qu'elle réunit mieux la lumiere que les autres figures, par exemple que la figure elliptique ou hyperbolique que M. Deſcartes propoſe de donner aux verres, laquelle réuſſit bien par rapport aux rayons qui ſont paralleles à l'axe, ou qui partent d'un point du même axe ; mais à l'égard des rayons paralleles entr'eux & obliques à l'axe, ou qui ſont divergens de divers autres points, la figure elliptique ou hyperbolique les plie moins bien que la figure ſphérique.

7. M. Newton s'eſt convaincu par diverſes expériences que la lumiere n'eſt point homogene dans toutes ſes parties, ou qu'elle eſt compoſée de parties différemment refrangibles ; on fera cependant abſtraction quant à préſent de cette différence, & l'on ſuppoſera que tous les rayons de la lumiere ſont également refrangibles lorſque les incidences ſont les mêmes, réſervant de traiter de leur différente réfrangibilité dans l'article des couleurs.

On ſuppoſera que les rayons qui tombent perpendiculairement ſur une ſurface refractive entrent dans le nouveau milieu ſans ſe détourner, car aucune cauſe ne les détermine à s'éloigner de la perpendiculaire dans laquelle ils ſe meuvent, & toute la force qui les anime tend à la leur faire décrire, ainſi ils ne ſont point ſujets à la réfraction. Si la ſurface eſt ſphérique, les rayons perpendiculaires paſſent par le centre de cette ſurface, & la tangente au point d'incidence en repréſente la ſituation.

8. Les rayons de lumiere qui tombent ſur une ſurface réfractive ſont ou paralleles, ou ils partent d'un point & ſont divergens, ou bien ils tendent vers un point & ſont convergens; s'ils ſont paralleles on peut ſuppoſer qu'ils viennent d'un point infiniment éloigné; & réciproquement ſi le point eſt comme infiniment éloigné, on peut ſuppoſer qu'ils ſont paralleles. Entre les rayons incidens qui viennent d'un même point, il y en a un qui eſt perpendiculaire à la ſurface réfringente, & il eſt comme l'axe de la pyramide de lumiere qui tombe ſur la ſurface, ainſi il y a autant d'axes que de points radians qui envoyent de la lumiere. Si la lumiere traverſe les deux ſurfaces d'un verre ſphérique, le rayon qui paſſe par les deux centres eſt appellé *axe principal* ou l'axe du verre ſphérique.

### *De la réfraction de la lumiere à la rencontre d'une ſurface plane.*

9. Des rayons de la lumiere paralleles entr'eux qui traverſent un nouveau milieu terminé par deux ſurfaces planes paralleles, par exemple, un verre plan, en ſortent étant encore paralleles. Premierement ſi les rayons incidens tombent perpendiculairement ſur la premiere ſurface ils entreront ſans ſe rompre, & ſeront auſſi perpendiculaires à la ſeconde ſurface, donc ils ſortiront du milieu ſans ſe rompre, & ſeront encore paralleles. Si les rayons incidens ſont paralleles ſans être perpendiculaires, ils ſe détourneront également, & les rayons rompus

à la rencontre de la premiere ſurface ſeront paralleles ; & tombant ſur la ſeconde avec la même inclinaiſon, ils ſeront rompus également, par conſéquent ils ſortiront étant encore paralleles, & la ſeconde réfraction détruiſant l'effet de la premiere, les rayons émergens FG NO (*Fig.* 51.) auront une ſituation entierement ſemblable à celle des rayons incidens DC PS. Suppoſons que le ſinus de l'angle HCF ſoit au ſinus de l'angle DCA comme 2 à 3, le ſinus de l'angle EFG ſera au ſinus de l'angle HCF comme 3 à 2, donc l'angle EFG eſt égal à l'angle DCA, donc la ſeconde réfraction détruit l'effet de la premiere, ainſi des rayons paralleles entr'eux qui traverſent un nouveau milieu terminé par des ſurfaces planes paralleles, ſont à l'égard de la vûe comme s'ils ne ſouffroient point de réfraction ; de là vient que la viſion à travers un verre plan ſe fait de même que ſi les rayons de lumiere arrivoient à l'œil en ligne droite.

10. Si un rayon incident AC (*Fig.* 52. 53.) tombe obliquement ſur la ſurface réfringente LL d'un nouveau milieu plus ou moins denſe, il ſe détournera de maniere que le rayon rompu CF & le prolongement CE du rayon incident terminé par la perpendiculaire GE ou GF ſeront comme le ſinus de l'angle d'inclinaiſon eſt au ſinus de l'angle de réfraction ; car dans le triangle CFE, les côtés CF CE ſont comme les ſinus des angles CEF CFE ou CEG CFG (21 *Géom.*) : or les angles CEG CFG ſont égaux aux angles d'inclinaiſon ACH ou ECI & de réfraction FCI (27. *Géom.*) ; donc le rayon rompu CF & le prolongement CE du rayon incident AC terminés par la perpendiculaire EG, ſont entr'eux comme le ſinus de l'angle d'inclinaiſon ACH & de réfraction FCI.

11. Si on ſuppoſe qu'en A eſt un point radiant, & que les rayons incidens AC ſont très-près de l'axe AB ou très-proches les uns des autres, les rayons rompus auront leur point de divergence ſur l'axe au point *f*, car ſi les rayons incidens ſont très-proches de l'axe AB, ou ſi étant conſidérablement éloignés de l'axe, ils ſont néan-

moins très-proches entr'eux, ils formeront comme un seul rayon solide, donc les angles d'inclinaison seront sensiblement égaux, donc les angles de réfraction seront aussi sensiblement égaux, par conséquent les rayons rompus auront leur point de divergence en un même point *f* de l'axe; donc si l'œil est dans le milieu Z sur le cours des rayons rompus, il verra le point A en *f*: or lorsque la réfraction éloigne les rayons de la perpendiculaire (*Fig.* 53.), la lumiere passe dans un milieu moins dense, & lorsque la réfraction approche les rayons de la perpendiculaire (*Fig.* 52.) la lumiere passe dans un milieu plus dense; de plus dans le premier cas le point *f* est plus près de la surface réfringente que le point radiant & plus éloigné dans le second; donc lorsque la lumiere passe dans un milieu moins dense où l'œil est situé, la réfraction approche les objets qui sont dans le milieu plus dense de la surface réfringente; & au contraire elle les en éloigne lorsque la lumiere passe dans un milieu plus dense où l'œil du spectateur se trouve.

12. On peut déduire de là l'explication de quelques expériences très-connues. 1°. Si on met une piece d'argent dans un plat & que l'œil s'éloigne jusqu'à ce que les bords la cachent, & que se tenant dans cette situation on verse de l'eau dans le plat, il commencera à voir la piece d'argent lorsque l'eau sera montée à une certaine hauteur; la raison en est que la lumiere qui est réfléchie par la piece d'argent souffre réfraction en sortant de l'eau de telle sorte qu'elle s'éloigne de la perpendiculaire, & se pliant vers l'œil elle fait paroître la piece d'argent, car elle passe dans l'air qui est un milieu moins dense que l'eau, par conséquent l'objet qui est au fond du plat doit paroître plus près de la surface, donc l'œil à qui il étoit invisible doit commencer à le voir lorsque l'eau est montée à une certaine hauteur.

2°. Si on enfonce en partie un bâton dans l'eau perpendiculairement à la surface, il paroîtra plus court qu'étant hors de l'eau; 1°. il paroîtra droit parce que les per-

pendiculaires tirées de tous les points radians qui sont dans l'eau sont sur la longueur même du bâton, c'est-à-dire sur une même perpendiculaire à la surface réfringente; or les images des points radians sont sur ces perpendiculaires qui n'en font toutes ensemble qu'une qui est la longueur même du bâton (V. 11.); donc le bâton enfoncé seulement en partie doit paroître droit. 2°. Il doit paroître plus court parce que la réfraction approche de la surface infrigente toutes les parties qui étant dans l'eau envoyent de la lumiere à l'œil (V. 11.): l'extrémité inférieure paroissant plus près de la surface, il est nécessaire que le bâton paroisse plus court qu'étant hors de l'eau.

13. 3°. Si on enfonce en partie un bâton obliquement dans l'eau, il paroîtra rompu ou courbé dans le point qui distingue la partie enfoncée de celle qui est hors de l'eau, car la réfraction approche de la surface de l'eau tous les points de la partie enfoncée (V. 11.) donc cette partie ou son apparence doit faire avec la surface réfringente un angle moindre que ne fait la partie extérieure avec la même sarface, par conséquent le bâton doit paroître rompu ou courbé dans le point qui distingue la partie enfoncée de la partie extérieure.

4°. Un vaisseau plein d'eau doit paroître moins creux qu'étant vuide, c'est toujours la même raison. Si le fond CE du vaisseau (*Fig.* 54.) est plat il paroîtra creux ou courbe. Supposons que l'œil O est sur la ligne OC perpendiculaire à la surface LL de l'eau & au fond EC, il est certain que tous les points tels que C R M E &c. envoyeront des rayons de lumiere à l'œil O, & que ces rayons rencontrant la surface LL se rompront en s'éloignant des perpendiculaires aux points d'incidence;(n.3.5) ne considérons que les points radians MR, il est clair que le point R étant plus près de la perpendiculaire OC que le point M, les rayons RAP qui en se pliant par la réfraction vers l'œil O rendront le point R visible, ont leurs points d'incidence A plus près de OC que ne le sont les

points

points d'incidence B des rayons MBS, qui en ſe pliant auſſi vers la prunelle O font voir le point M, donc le rayon rompu BO eſt plus grand que le rayon rompu AO; donc l'angle TBO eſt moindre que l'angle TAO, c'eſt-à-dire que le rayon rompu BO qui rend le point M viſible faiſant avec la ſurface LL un moindre angle rencontre l'axe MN en un point D qui eſt plus près de la ſurface que n'eſt le point G, où le rayon rompu AO qui rend le point R viſible coupe l'axe RF; or l'œil voit les images ou les apparences des points M R ſur les axes MN RF où les rayons rompus BO AO prolongés les rencontrent (V. 11.), donc l'apparence du point M eſt plus près de la ſurface LL que n'eſt l'apparence du point R, donc le fond CE paroît s'approcher d'avantage de la ſurface à meſure que les points radians ſont plus éloignés de la perpendiculaire OC, par conſéquent il paroît creux.

14. Si les parties DM GR des axes étoient dans le rapport des parties CM CR, on auroit les triangles ſemblables DCM GCR, & la ligne des lieux apparens des points du fond EC ſeroit une ligne droite qui feroit avec le fond l'angle DCM ou GCR, mais les portions DM GR ſont dans un rapport fort différent de celui de CM à CR, par conſéquent la ligne des lieux apparens des points du fond eſt une ligne courbe. M. de Mairan en a recherché les propriétés & le caractere diſtinctif, il trouve qu'après un certain cours elle ſe plie en ſens contraire, qu'elle devient convexe du côté de l'œil & concave du côté du fond. Mem. 1740.

15. Si la réfraction de la lumiere ſe fait en paſſant de l'eau dans l'air, elle augmente la grandeur apparente des objets, & elle la diminue ſi la lumiere paſſe de l'air dans l'eau. Car l'image de l'objet AH (*Fig.* 53.) eſt compriſe entre les perpendiculaires ou axes HC, AB: or dans le premier cas l'image eſt rapprochée de la ſurface, & dans le ſecond elle en eſt plus éloignée; donc dans le premier cas l'image eſt vûe ſous un plus grand angle, &

ſous un moindre dans le ſecond ; donc dans le premier cas la grandeur apparente de l'objet AH eſt augmentée, & elle eſt diminuée dans le ſecond. Donc ſi la lumiere ſe refracte en paſſant de l'eau dans l'air la grandeur apparente des objets eſt augmentée, & elle eſt diminuée ſi la lumiere paſſe de l'air dans l'eau. D'où il ſuit que les plongeurs & les poiſſons voient les objets qui ſont dans l'air moindres qu'ils ne ſont, tandis que nous voions ceux qui ſont dans l'eau plus grands.

16. Remarque. On a ſuppoſé juſqu'ici que le lieu apparent d'un objet vû par refraction eſt ſur les verticales ou perpendiculaires menées de ſes divers points à la ſurface refringente. C'eſt la ſuppoſition ordinaire qu'on ne ſe met pas même en peine de prouver. Selon la remarque de M. de Mairan dans le Mémoire cité, la refraction ne change rien quant à la poſition dans tout ce qui eſt vertical. Que l'œil ſoit frappé par une ligne qui ait autant de parties qu'on voudra différemment poſées les unes à l'égard des autres comme un zig-zag, il ne ſentira le coup que ſelon la direction de la derniere partie,& ne le rapportera qu'au bout de cette partie le plus éloigné de lui : ainſi quoique le rayon MB (*Fig.* 54.) ſe plie en B, & que pour faire impreſſion ſur l'œil en O il ſe détourne ſuivant BO, le coup n'eſt point ſenti comme partant du point M, & arrivant à l'œil par le détour MBO, l'œil ne le ſent que ſuivant la partie exterieure BO du rayon rompu MBO, & le rapporte à quelqu'un des points de la ligne OBD : or comme les rayons incidens très-proches de MB, qui après la refraction vont rencontrer la prunelle, ont leur concours ſenſiblement au point D, (V. 11.) le lieu apparent du point M doit être ſur la verticale MN. En effet la refraction ne change rien quant à la poſition dans tout ce qui eſt vertical, comme il vient d'être dit ; donc le point M qui eſt ſur la verticale MN doit avoir ſon apparence ſur cette ligne, ce qui eſt d'ailleurs conforme à l'expérience ſuivant laquelle ſi on enfonce dans l'eau un bâton droit perpendiculairement à la ſurface refringente, la partie en-

foncée paroît sur la même ligne droite que la partie extérieure. Il en est de même du fil d'un pendule plongé dans l'eau par sa partie inférieure & soutenu dans l'air par la supérieure, l'une & l'autre étant vûes sur une même ligne droite, ce qui prouve que chaque point radiant de la partie plongée à son image ou son apparence sur la verticale commune, sur laquelle est la direction du pendule ou du fil qui tient le corps pesant suspendu.

*De la refraction de la lumiere à la rencontre d'une surface spherique convexe & concave.*

17. Les lignes tirées du centre sont perpendiculaires à la surface spherique, & les angles qu'elles font avec les rayons incidens sont les angles d'inclinaison ; c'est pourquoi si la lumiere passe dans un milieu plus dense, elle se refracte en s'approchant de la perpendiculaire, ou de la ligne tirée du centre de la surface spherique au point d'incidence ; & elle s'en écarte si elle penétre dans un milieu moins dense. AC ( *Fig.* 55. 56. 57. 58. ) est l'axe de la pyramide de lumiere qui vient d'un point radiant ; C le centre de la surface spherique ; BD un rayon incident lequel est parallele à AC, si le point radiant est à une distance infinie ; DE le prolongement de ce rayon ; CDG la perpendiculaire au point d'incidence ; DN le rayon rompu ; F le point de concours de ce rayon ou de son prolongement DM avec l'axe ; l'angle CDO que le rayon incident BDE prolongé ou non fait avec la perpendiculaire CD est l'angle d'inclinaison ; l'angle CDI formé par la même perpendiculaire & par le rayon rompu DN prolongé ou non, est l'angle de refraction. Si la surface spherique est de verre, le rapport des sinus de ces angles est égal à celui de 3 à 2 si la lumiere passe de l'air dans le verre, ou de 2 à 3 si elle passe du verre dans l'air.

18. Supposant que les rayons incidens sont paralleles à l'axe, je dis que dans le triangle CDF ( *Fig.* 55. 56. 57. 58. ) le côté DF est au côté CF dans le rapport du sinus de l'angle d'inclinaison au sinus de l'angle de ré-

fraction; car dans les deux (*Fig.* 55. 56.) notées Z où l'on suppose que la lumiere passe dans un milieu moins dense, l'angle d'inclinaison CDO est égal à son alterne DCF, & l'angle de réfraction CDI a le même sinus que le suplément CDF (27. 21. *Géom.*). Dans les deux figures (57. 58.) notées X, où l'on suppose que la lumiere passe dans un milieu plus dense, l'angle d'inclinaison CDO & son suplément DCF ont le même sinus, & CDI ou CDF ne différe point de l'angle de réfraction, donc dans le triangle CDF les angles DCF & CDF ont les mêmes sinus que les angles d'inclinaison & de réfraction; or dans le même triangle les côtés DF & CF sont dans le rapport des sinus des angles auxquels ils sont opposés (21. *Géom.*), donc ils sont entr'eux comme les sinus des angles d'inclinaison & de réfraction.

19. *Coroll.* Si la lumiere passe du verre dans l'air (*Fig.* Z.) le rapport de FD à CF sera égal à celui de 2 à 3, & si la lumiere passe de l'air dans le verre, comme dans les (Fig. X), le rapport de DF à CF sera égal à celui de 3 à 2; or si le rayon incident BD est fort près de l'axe, dans le premier cas le côté CF sera sensiblement égal à la somme des côtés CD DF, donc CD étant égal au demi diamétre de la surface sphérique, DF ou LF sera égal à deux demi diamétres & CF égal à trois demi diamétres. Dans le second cas DF sera égal à la somme des côtés DC CF, par conséquent DF ou LF vaudra trois demi diamétres, & CF en vaudra deux; donc dans le premier cas les rayons rompus DN ont leur point de concours ou de divergence éloigné de la surface sphérique de deux demi diamétres & de trois demi diamétres dans le second cas. Si la lumiere passoit de l'eau dans l'air, CF (*Fig.* Z.) vaudroit quatre demi diamétres & DF en vaudroit trois; mais si la lumiere passoit de l'air dans l'eau (*Fig.* X.) DF vaudroit quatre demi diamétres, & CF en vaudroit trois.

Supposant encore que la lumiere passe du verre dans l'air (*Fig.* Z.) si les rayons incidens sont fort éloignés

de l'axe, CF vaudra moins de trois demi diamétres & DF en vaudra moins de deux, puiſqu'on ſuppoſe que CF eſt à DF comme 3 à 2, & que d'ailleurs CD eſt un demi diamétre, & que de plus le côté CF eſt moindre que la ſomme des côtés CD DF ; & ſi la lumiere paſſe de l'air dans le verre (*Fig*. X.) DF vaudra moins de trois demi diamétres, & CF en vaudra moins de deux ; donc lorſque la lumiere paſſe du verre dans l'air, les rayons incidens BD fort éloignés de l'axe ont après la réfraction leur point de concours ou de divergence F éloigné de la ſurface ſphérique moins de deux demi diamétres, & ſi la lumiere paſſe de l'air dans le verre le point F en eſt moins éloigné de trois demi diamétres. Donc plus les rayons incidens BD feront éloignés de l'axe, plus les rayons rompus DN auront leur point de concours ou de divergence F près de la ſurface ſphérique, & il n'en eſt éloigné de deux ou de trois demi diamétres qu'à l'égard des rayons paralleles qui ſont comme infiniment proches de l'axe.

*De la refraction Aſtronomique.*

20. La terre eſt environnée d'une maſſe ou amas d'air terminé d'une ſurface ſphérique, comme il a été prouvé dans les principes ; c'eſt cet amas qu'on appelle l'atmoſphere terreſtre. Si l'air qui environne la terre étoit également denſe par tout, la lumiere qui y entre ne ſeroit refractée qu'à l'entrée, elle continueroit enſuite de ſe mouvoir en ligne droite, mais l'air ſe condenſe par ſon propre poids, & dans les couches inférieures, il ſe mêle avec les vapeurs & les exhalaiſons qui s'élevent de la terre, donc elle pénetre dans des milieux de plus en plus denſes à meſure qu'elle s'approche de nous, & ne parvient à l'œil qu'après une infinité de refractions : chaque refraction en particulier eſt inſenſible, parce que la denſité des milieux augmente inſenſiblement, mais toutes enſemble elles compoſent une refraction totale qui eſt meſurable, ainſi que les aſtronomes s'en ſont apperçûs dans ces derniers tems ; elle chan-

ge le lieu apparent des aſtres, & la plus grande de toutes eſt la refraction horiſontale; elle diminue enſuite à meſure que les aſtres montent au-deſſus de l'horiſon, enſorte que ceux qui parviennent au Zénit paroiſſent dans leur lieu véritable, car au Zénit il n'y a aucune refraction, parce que la lumiere y traverſe l'air ſans ſouffrir aucun détour.

21. MON (*Fig.* 59.) eſt la ſurface de la terre dont le centre eſt en C, & CO ou CG en eſt le demi diamétre, HDP la ſurface de l'atmoſphere, HR l'horiſon ſenſible qui touche la terre en O, & rencontre la ſurface de l'atmoſphere en L de même que le demi diamétre CG prolongé en B; mais le demi diamétre CO prolongé paſſe par le Zénit Z. Cela poſé, voici quel eſt l'effet de la refraction aſtronomique par rapport à la viſion. Il eſt certain que tous les aſtres qui ſont au-deſſus de l'horiſon ſont viſibles comme auſſi ceux qui ſont au-deſſous nous ſont cachés, à moins que quelque cauſe particuliere ne les rende viſibles lorſqu'ils devroient être encore cachés: or c'eſt là ce que la refraction aſtronomique produit. Car ſuivant les obſervations les plus exactes, lorſque les aſtres ſont encore 32′ au-deſſous de l'horiſon ils paroiſſent néanmoins ſe lever. Suppoſons que le centre du Soleil ou de la Lune, ou ſi l'on veut une étoile eſt encore 32′ au-deſſous de l'horiſon HR, enſorte que le rayon de lumiere SL qui vient de ce centre faſſe avec le même horiſon l'angle SLR de 32′, on éprouve que le centre du Soleil, ou de la Lune, ou de l'étoile eſt pour lors viſible, & qu'il touche à l'horiſon; d'où l'on conclut que le rayon SL qui fait avec la perpendiculaire d'incidence CGB l'angle SLB, pénétrant dans l'atmoſphere au point d'incidence L ſe plie ou ſe détourne en s'approchant de la perpendiculaire CGB, & devient horiſontal; c'eſt pourquoi un ſpectateur en O voit le centre du Soleil ou de la Lune au moyen du rayon OL; ainſi il le voit à l'horiſon quoiqu'il ſoit encore 32′ au-deſſous. Par conſéquent la refraction horiſontale éleve les aſtres de 32′, ou ce qui eſt la même choſe le lieu apparent eſt plus élevé que le véritable de 32′. Que la re-

fraction astronomique doive élever les astres ou les faire paroître plus hauts qu'ils ne sont, cela suit manifestement des principes qu'on a posés; sçavoir, que si la lumiere passe dans un milieu plus dense elle s'approche en se refractant de la perpendiculaire au point d'incidence: or la lumiere qui pénétre l'atmosphere terrestre & qui parvient jusqu'à la terre passe successivement dans des milieux de plus en plus denses, comme il vient d'être dit; donc le rayon SL qui vient du Soleil & qui en se refractant continuellement jusqu'à ce qu'il soit parvenu au point O où est le spectateur, s'approche de la perpendiculaire d'incidence CLB, doit faire paroître le Soleil plus élevé qu'il n'est.

22. la refraction horisontale est la plus grande. Car à mesure que l'astre monte au-dessus de l'horison, le rayon incident SL fait avec la perpendiculaire CGB des angles SLB de plus en plus petits; ainsi le centre de l'astre étant supposé sur la ligne AE, l'angle d'inclinaison AEK étant moindre que l'angle SLB, le détour du rayon incident AE sera moindre que le détour du rayon incident SL; donc l'angle AEF que le rayon rompu EO prolongé en F, au moyen duquel le spectateur en O voit alors le centre de l'astre sera moindre que l'angle SLR; ainsi le lieu apparent qui sera sur le rayon OE prolongé vers F sera moins élevé au-dessus du véritable; & il est clair que si l'astre parvient au Zénit, pour lors le rayon incident AE se confondant avec la perpendiculaire d'incidence, puisque le centre de l'astre sera sur COZ, la refraction sera nulle, parce que les rayons incidens étant perpendiculaires à la surface de l'atmosphere, entreront sans se détourner.

23. Tous les astres qui ont la même hauteur au-dessus de l'horison sont également élevés par la refraction; car les astres qui sont également élevés au-dessus de l'horison ont tous leurs centres sur une même ligne qui aboutit à l'œil du spectateur, ou ce qui est la même chose, tous ces centres sont sur un même rayon incident; donc la refraction est la même à l'égard de tous; donc elle les éleve tous également; ainsi elle n'est pas plus grande pour la

Lune que pour le Soleil, & pour les étoiles, comme quelques uns l'ont cru.

24. Le Soleil & la Lune à l'horiſon doivent paroître de figure ovale. Car la refraction à l'horiſon même eſt plus grande qu'à une certaine hauteur, & elle éleve plus les aſtres qui ſe levent, que lorſqu'ils ſont parvenus à quelque hauteur; donc la refraction éleve davantage le bord inférieur que le bord ſuperieur; elles approchent par conſéquent les extrémités du diamétre vertical; mais la refraction ne change point l'apparence du diamétre horiſontal, ce qu'on peut prouver par le calcul ſuivant. L'angle d'inclinaiſon SLB qui donne la refraction horiſontale eſt de 88 d. 34′, ſuivant la ſupputation de M. Hartſoeker dans ſon eſſai de dioptrique; donc l'angle de refraction BLR eſt de 88 d. 2′, & leurs ſinus ſont *99969*, *99991*, c'eſt-à-dire, que ces deux ſinus ſont preſque égaux: or comme le ſinus d'un angle d'inclinaiſon eſt au ſinus de l'angle de refraction correſpondant, ainſi le ſinus de tout autre angle d'inclinaiſon eſt au ſinus de l'angle de refraction pareillement correſpondant. (V. 4.) Cela poſé, pour avoir le changement que la refraction produit ſur le diamétre horiſontal du Soleil ou de la Lune, il faut imaginer un angle d'inclinaiſon qui ſoit d'environ 16′, ſon ſinus ſera de *465* parties; & ſi ſuivant la proportion qu'on vient d'indiquer, on cherche le ſinus de l'angle de refraction qui lui répond, on trouvera qu'il ne différe du ſinus *465* que d'une unité, ce qui ne donne pas ſeulement une ſeconde de différence entre l'angle d'inclinaiſon & l'angle de refraction, c'eſt-à-dire que dans cette inclinaiſon de 16′ la refraction eſt imperceptible. Cela étant, les rayons qui partent des extrémités du diamétre horiſontal du Soleil ou de la Lune font avec le rayon SL qui part du centre des angles d'environ 16′; & en pénétrant dans l'atmoſphere ils ſe rompent dans le ſens horiſontal & dans le ſens vertical; mais le rayon SL qui part du centre ne ſe refracte que dans le ſens vertical, donc on peut lui rapporter la refraction dans le ſens horiſontal, comme à la perpendicu-

laire d'incidence, ou regarder ce rayon comme la perpendiculaire d'incidence, donc le détour que les rayons incidens prendront en se rompant dans l'air sera imperceptible ; par conséquent le diamétre horisontal n'est diminué ni augmenté, tandis que le diamétre vertical est diminué, par conséquent le Soleil & la Lune doivent paroître de figure ovale lorsqu'ils se levent & se couchent.

25. On peut conclure de-là que ce ne sont point les refractions plus grandes à l'horison qu'au méridien, qui nous font paroître la Lune plus grande à l'horison qu'au méridien, puisque les refractions à l'horison n'augmentent point le diamétre horisontal & qu'au contraire elles diminuent le diamétre vertical.

26. Puisque la refraction que souffrent les rayons de la lumiere en pénétrant dans l'atmosphere éleve les astres, il s'ensuit qu'ils se levent plutôt & qu'ils se couchent plus tard qu'ils ne feroient sans cette refraction.

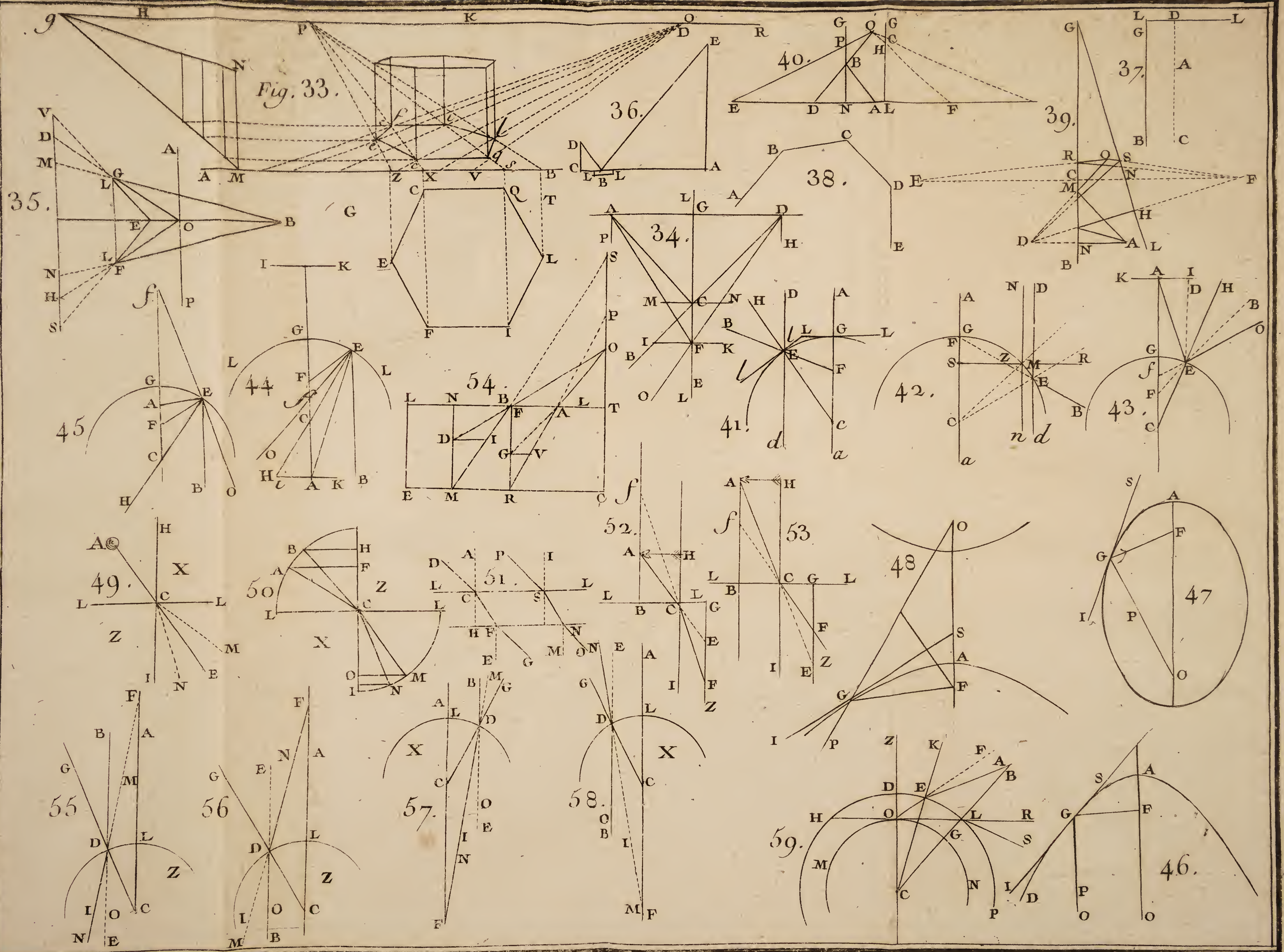
27. On observe encore que les éclipses horisontales de la Lune, lesquelles ont lieu lorsque cet astre est à l'horison, & qui ne devroient être visibles qu'avant que le Soleil se leve ou qu'après qu'il est couché, parce que ces deux astres étant alors en opposition ou diamétralement opposés, il est nécessaire que si la Lune est au-dessus de l'horison, le Soleil soit caché au-dessous, sont néanmoins visibles, le Soleil étant levé. Or c'est là un des effets de la refraction astronomique, qui élevant les astres les fait paroître levés lorsqu'ils devroient être cachés sous l'horison.

28. Un autre effet très remarquable qui à son principe dans la refraction de la lumiere à la rencontre de l'atmosphere, est que le cone d'ombre de la terre qui devroit être privé de toute clarté, se trouve cependant éclairé, comme il est aisé de s'en convaincre par les éclipses de Lune. Car cet astre qui devroit disparoître, lorsqu'une fois il est entré entierement dans l'ombre ne laisse pas d'être encore visible, & on le distingue comme au travers d'un nuage transparent, ce qui prouve que le cone d'ombre de la terre

est éclairé de quelque lumiere: or c'est la refraction qui l'y introduit. Car les rayons qui se courbent à l'entrée & à la sortie de l'atmosphere prennent leur détour vers l'axe du cone & se repandant dans l'ombre y produisent cette lueur ou clarté à la faveur de laquelle on apperçoit le corps de la Lune durant le tems qu'elle est éclipsée. La lumiere ne sçauroit se détourner vers l'axe du cone d'ombre de la terre, qu'elle ne soit perdue pour l'atmosphere, & cette dissipation la rend pour ainsi dire moins transparente, & l'obscurcissement apparent augmente à un tel point que l'œil ne distingue plus la lumiere qui y reste de celle qui se distribue dans le cone d'ombre, & leurs limites se confondant elles semblent également foibles : on diroit quant à l'effet, que d'un côté la terre a reçû quelque transparence & qu'elle ne s'oppose point entierement à ce que la lumiere passe dans le cone d'ombre, & que de l'autre l'atmosphere a perdu de la sienne ; le melange qui se fait de part & d'autre de la lumiere & de l'ombre est tellement assorti que ce n'est plus la terre seule qui éclipse la Lune, mais la terre grossie de l'atmosphere qui l'environne; c'est pourquoi les Astronomes après avoir calculé le diamétre du cone d'ombre de la terre, pour avoir l'ombre totale qui obscurcit la Lune durant l'éclipse, y ajoutent la partie qui est le propre effet de l'atmosphere. On entendra facilement de quelle maniere la refraction obscurcit en apparence l'atmosphere, si on observe ce qui arrive en présentant une loupe ou verre lenticulaire au Soleil ou à un flambeau, la lumiere se refracte de telle sorte qu'elle forme un cone qui a pour base le verre lenticulaire, si lœil est dans cette lumiere le verre paroît transparent, mais si l'œil est hors du cone de lumiere le verre en paroît moins transparent, quoique placé entre l'œil & le luminaire.

### *Du passage de la lumiere au travers des verres spheriques.*

29. L'axe d'un verre spherique est une ligne droite qui passe par les centres des deux surfaces qui les terminent, si



elles sont toutes deux sphériques ; s'il n'y en a qu'une qui soit sphérique, l'axe est une ligne qui tirée du centre de cette surface est perpendiculaire à l'autre surface qui est plane. La perpendiculaire au point d'incidence, est une ligne élevée perpendiculairement à la surface refringente au point d'incidence, elle passe par le centre de cette surface si elle est sphéripue.

30. Suppositions. 1°. Des angles qui sont très-petits sont sensiblement comme leurs sinus, par exemple, les angles de 1, de 2, de 3, de 4, de 5 deg. &c., ont leurs sinus dans le rapport des nombres 1, 2, 3, 4, 5 &c.; on peut s'en convaincre en ouvrant les tables des sinus ; ces sinus sont 1771, 3489, 5234, 6976, 8716 &c.: or ces nombres sont très-sensiblement comme les nombres 1, 2, 3, 4, 5 &c. Non-seulement lorsque les angles sont petits ils sont entr'eux comme leurs sinus, mais cette égalité de rapport subsiste sans aucune erreur qui tire à conséquence jusqu'à ce qu'ils ayent une ouverture considérable, comme de 20 ou 30 deg.

31. 2° Lorsque deux angles d'un triangle sont extrémement aigus, & que par conséquent le troisiéme est fort obtus, les trois côtés BC, AC, AB (*Fig.* 60.) sont aussi dans le rapport des angles, sçavoir, les côtés BC AC dans le rapport des angles opposés, & le côté AB aux deux autres BC AC comme l'angle exterieur ACD, qui est le supplement de l'angle obtus ACB opposé, est aux angles en A & en B. Car les côtés du triangle supposé sont entr'eux comme les sinus des angles en B en A & ACD : (21. *Gécm.*) or ces angles étant supposés fort petits sont entr'eux comme leurs sinus ; donc les côtés BC, AC, AB sont entr'eux comme les angles en A, en B & ACD.

32. 3°. Dans un triangle rectangle ABC (*Fig.* 61. 62.) dont l'un des angles, sçavoir, BAC est fort aigu, si du sommet de cet angle on tire des lignes à la base BC prolongée ou non, elles la diviseront en parties proportionnelles aux angles qu'elles formeront entr'elles & avec le côté AB de l'angle droit B. Car les parties BE, BD,

BC seront les tangentes des angles BAE, BAD, BAC en supposant que AB est le sinus total : or ces angles étant extrémement petits suivant la supposition seront entr'eux comme les tangentes, car les tangentes de même que les sinus sont comme les angles lorsque les angles sont petits, c'est ce qui paroît encore aux yeux en ouvrant les tables des sinus. Cela posé, on aura les proportions BD est à BC comme l'angle BAD est à l'angle BAC ; & retranchant les antecedens des conséquens, comparant ensuite les antecedens avec les reste, on aura ( 9. *Arith.* ) BD, est à DC comme BAD est à DAC. On aura aussi par la même moyen BE est à ED, comme l'angle BAE est à l'angle EAD.

33. On fera usage de ces suppositions pour abreger ce qu'il y a à sçavoir de la refraction de la lumiere dans son passage à travers les verres sphériques, & pour déterminer les points de concours ou de divergence des rayons qui partent d'un point radiant après qu'ils ont été rompus ou refractés. Si ce point est à une distance infinie, les rayons qui en viennent sont paralleles entr'eux, & s'il est sur l'axe du verre ils sont paralleles au même axe : si le point radiant est à une distance finie, les rayons incidens divergent entr'eux & font des angles sensibles ; il peut même se faire que par quelque cause particuliere ils tombent sur un verre étant convergens, ou tendent vers un point : or le peu d'ouverture qu'on donne aux verres eu égard à la grandeur des diamétres des spheres dont ils sont des portions, est cause que les rayons incidens font des angles assez petits avec les perpendiculaires au points d'incidence ; d'ailleurs la refraction ne détermine pas tous les rayons qui viennent d'un point radiant à concourir en un même point, il n'y en a que peu qui s'amassent ou se détournent de la sorte vers un même point ; sçavoir, ceux qui sont près des axes des pinceaux ou cones de lumiere ; car dans chaque cone de lumiere qui part d'un point radiant, il y a un rayon qui traverse le verre sans se rompre ou bien s'il se se plie en y entrant il se redresse en sortant de même que

s'il passoit à travers un verre plan des deux côtés (V. 9.) & c'est ce rayon qui est comme l'axe du cone & sur lequel les autres rayons ont leur point de concours ou de divergence : mais il n'y a que ceux qui en sont proches qui prennent leur détour vers ce point ; de sorte que pour avoir les points de concours ou de divergence & le lieu de l'image, il suffit de considérer les rayons qui sont près des axes : c'est encore pour cette raison que les rayons incidens font des angles fort petits avec les perpendiculaires d'incidence. On peut donc supposer sans erreur sensible que les sinus des angles d'inclinaison & de refraction qui sont comme 3 & 2 lorsque la lumiere passe de l'air dans le verre, & comme 2 à 3 lorsqu'elle passe du verre dans l'air, sont comme ces mêmes angles, & qu'ils sont par conséquent comme 3 & 2 ou comme 2 & 3, selon que la lumiere passera de l'air dans le verre ou du verre dans l'air. Ces suppositions qui sont reçûes du commun des Opticiens, outre qu'elles sont appuyées de preuves, n'ont aucune difficulté qui doive arrêter. Sur ce fondement on va démontrer la proposition suivante qui est générale, elle a rapport à tous les verres sphériques & elle s'étend à tous les cas des rayons de la lumiere paralleles divergens ou convergens.

## PROPOSITION GÉNÉRALE.

34. *Si un rayon de lumiere traverse un verre terminé par deux surfaces sphériques ou par une surface plane, & par une autre sphérique l'angle que le rayon rompu fait avec le rayon incident prolongé, est la moitié de l'angle que font entr'elles les perpendiculaires au point d'incidence.*

On n'a tracé qu'une figure pour chaque verre, la démonstration s'étend à tous les cas sans qu'il soit nécessaire de les énoncer en particulier. Afin de ne pas fatiguer l'imagination il sera bon de n'avoir d'abord les yeux que sur une figure.

BD (*Fig.* 63. 64. 65. 66. 67.) est le rayon inci-

dent prolongé en E, DCO ou CDO la premiere perpendiculaire au point d'incidence D, KDN ou DKN la seconde perpendiculaire au même pointD; les centres des surfaces sphériques sont en CK, celui de la premiere est en C, celui de la seconde en K, AL est l'axe du verre. DG est le rayon rompu à la rencontre de la premiere surface, DF le rayon rompu à la seconde surface, EDO est le premier angle d'inclinaison, GDO le premier angle de refraction. GDN le second angle d'inclinaison, FDN le second angle de refraction, GDE le premier angle refracté, GDF le second angle refracté.

suivant ces dénominations l'angle FDE est l'angle que le rayon rompu DF fait avec le rayon incident BDE & qu'il faut démontrer égal à la moitié de l'angle ODN formé par les perpendiculaires d'incidence. Le rayon BD passant de l'air dans le verre s'approche de la perpendiculaire d'incidence DCO ou CDO de maniere que le sinus de l'angle d'inclinaison EDO est au sinus de l'angle de refraction GDO comme 3 à 2; (V. 5.) mais parce que l'angle EDO est supposé très-petit, les angles EDO, GDO eux mêmes seront entr'eux comme 3 & 2 suivant la 1re supposition; ainsi l'angle EDO étant conçû divisé en trois parties égales, GDO en contiendra 2, & l'ange refracté EDG en contiendra une; on aura donc d'abord cette premiere égalité EDG$=\frac{1}{2}$GDO. Le rayon rompu DG venant à rencontrer la seconde surface sphérique rentrera dans l'air en s'écartant de la perpendiculaire d'incidence KDN ou DKN, & le sinus de l'angle d'inclinaison GDN sera au sinus de l'angle de refraction FDN comme 2 est à 3; (V. 5.) & parce que ces angles sont supposés petits ils seront eux-mêmes dans le rapport de 2 à 3; (suivant la premiere supposition) donc l'angle GDN étant conçu divisé en deux parties égales, l'angle refracté GDF en contiendra une, & l'on aura cette seconde égalité GDF$=\frac{1}{2}$GDN; ajoutant cette seconde égalité à la précédente, le premier membre au premier membre, & le second au second, on aura EDG$+$GDF$=\frac{1}{2}$GDO

$+ \frac{1}{2}$GDN : or la somme des deux premiers angles constitue l'angle FDE que le rayon rompu DF fait avec le rayon incident BD prolongé en E, & la somme des deux autres angles est egale à la moitié de l'angle ODN formé par les perpendiculaires au point d'incidence D, donc l'angle FDE est égal à cette moitié.

35. Il y à des cas où au lieu d'ajouter les deux égalités, il faudra retrancher l'une de l'autre, comme dans l'exemple de la figure 57 qui représente un menisque, dans laquelle il faut retrancher GDF de EDG & $\frac{1}{2}$ GDN de $\frac{1}{2}$ GDO pour avoir FDE $= \frac{1}{2}$ ODN. Car puisqu'on à ces deux égalités GDE $= \frac{1}{2}$ GDO & GDF $= \frac{1}{2}$ GDN, retranchant GDF de GDN & $\frac{1}{2}$ GDN de $\frac{1}{2}$ GDO, on aura cette seconde égalité GDE — GDF $= \frac{1}{2}$ GDO — $\frac{1}{2}$ GDN : or GDE — GDF = FDE, & $\frac{1}{2}$ GDO $= \frac{1}{2}$ ODN + $\frac{1}{2}$ GDN; mettant ces valeurs au lieu de GDE — GDF & de $\frac{1}{2}$ GDO, on aura FDE $= \frac{1}{2}$ ODN + $\frac{1}{2}$ GDN — $\frac{1}{2}$ GDN ; & par conséquent FDE $= \frac{1}{2}$ ODN. C'est-à-dire que l'angle formé par le rayon incident BDE prolongé, & par le rayon rompu DF est égal à la moitié de l'angle ODN formé par les perpendiculaires DCO DKN au point d'incidence D. Pour démontrer la proposition on a seulement supposé que le rayon incident BD tomboit sur le verre au point D ; or dans son incidence il peut être parallele à l'axe AL, ou émaner d'un point de cet axe, ou tendre vers un point du même axe : mais puisque sans exprimer aucune de ces conditions on ne laisse pas de démontrer la proposition, il s'ensuit que la démonstration est générale & qu'elle comprend tous les cas; & si on en veut prendre la peine on l'appliquera avec une égale facilité à chacun en particulier.

66 et 67

GDE

36. *Corollaires.* 1°. L'angle ODN formé par les perpendiculaires d'incidence demeurant le même l'angle que le rayon incident BDE fera avec le rayon rompu DF sera toujours le même, mais l'inclinaison du rayon DF à l'égard de l'axe variera selon que l'incident BD sera parallele, convergent ou divergent, & selon que les angles

de convergence ou de divergence feront plus ou moins grands.

37. 2°. Un verre ayant deux furfaces, il n'importe laquelle on expofe à la lumiere, tant que l'incidence fera la même, ou que le rayon incident fera fitué de même à l'égard de l'axe, & à l'égard des perpendiculaires d'incidence le rayon rompu DF fera auffi fitué de même à l'égard de l'axe AL, & il aura fon point de concours ou de divergence également diftant du verre, ainfi la refraction totale eft la même foit que l'on tourne l'une ou l'autre des deux furfaces à la lumiere ou vers l'objet qui rayonne. Dans ce fecond corollaire on fuppofe que les verres ont une très-petite épaiffeur eu égard aux demi diamétres des furfaces fphériques, enforte que les deux points d'incidence fe confondent fenfiblement en un même point. Pour déterminer le point de concours ou de divergence du rayon rompu DF avec l'axe, on fuppofera d'abord que le rayon incident BD eft parallele ; dans cette fuppofition on fait la conftruction & la préparation fuivante.

38. *Préparation pour déterminer le point de concours ou de divergence du rayon rompu DF en fuppofant que le rayon incident BD eft parallele à l'axe.* (*Fig.* 68. 69. 70. 71.)

1°. Dans la détermination fuivante on n'aura point égard à l'épaiffeur du verre, c'eft-à-dire qu'on la confidérera comme nulle par rapport aux demi diamétres qui fervent à tracer les furfaces fpheriques ; ainfi on regardera KL ou KI comme étant égales à KD, & CI comme égale à CD. 2°. Le rayon incident BD étant fuppofé très-près de l'axe, l'angle CDN ou ODN formé par les perpendiculaires d'incidence fera très-petit, & l'angle EDP que le rayon rompu DMF ou MDF fera avec le rayon incident BD prolongé vers E en fera la moitié (fuivant la propofition générale), donc fi du centre C de la premiere furface on mene CN perpendiculaire à l'axe, & qui prolongée ou non rencontre en E le rayon BD prolongé s'il le faut,

& le rayon rompu DMF ou MDF prolongé auſſi en P s'il le faut, la partie EP ſera la moitié de CN (ſuivant la troiſiéme ſuppoſition *n*° 32.) puiſque l'angle EDP eſt la moitié de l'angle ODN; (propoſ. générale) & DI parallele à CN ſera égale à EC. (2. Géom.) 3°. Du centre K de la ſeconde ſurface on menera KS parallele à CN ou perpendiculaire à l'axe, laquelle rencontre le rayon incident BD prolongé s'il eſt néceſſaire en S, & après avoir pris ſur l'axe IR égale à KI, c'eſt-à-dire, égale au demi diamétre de la ſeconde ſurface, on menera SR qui coupera DI en deux parties égales au point H, car de même que RI eſt la moitié de RK, ainſi IH eſt la moitié de KS ou de ID. Cela poſé.

39. Je dis que SR prolongé s'il le faut paſſe par le point P de la partie EP qui eſt la baſe de l'angle EDP ou EDF formé par le rayon incident BDE, & le rayon rompu DMF ou MDF; ou ce qui eſt la même choſe que le point V où la ligne SR rencontre la ligne CN prolongée ou non eſt le même que le point P. Il faut conſiderer les triangles ſemblables CKN IKD, & ESV DSH. Les deux premiers (8. Géom.) donnent cette proportion, CN . ID : : CK . IK, & parce que ES=CK & DS=IK; (2. Géom.) on a auſſi CN . ID : : ES . DS; & (8. Arith.) $\frac{1}{2}$CN ou EP . $\frac{1}{2}$ID ou DH : : ES . DS. Les triangles ſemblables ESV DSH donnent auſſi cette proportion EV . DH : : ES . DS; d'où l'on conclut (14. Arith.) que les deux rapports de EV à DH, & de EP à DH étant égaux au rapport de ES à DS ſont égaux entr'eux; donc l'on a cette autre proportion EV . DH : : EP . DH : or dans cette proportion les grandeurs EV EP ont même rapport à DH, donc elles ſont égales; (28. Arith.) donc le point V eſt le même que le point P. Donc la ligne SR paſſe par le point P où le rayon rompu rencontre la baſe de l'angle EDF ou EDP.

40. *Remarq.* On peut auſſi étendre la conſtruction précedente aux verres plan convexe & plan concave (*Fig.* 72. 73.) en les conſidérant comme des meniſques dont

une des surfaces spheriques, sçavoir, celle qui est plane a un demi diamétre d'une longueur infinie; pour lors les points KR seront infiniment éloignés du verre, de même que KS; & DI sera encore coupée par SR en deux parties égales; mais parce qu'alors CI est infinement petite par rapport à KI ou IR, il s'ensuit que CE est infiniment proche de DI, c'est pourquoi RS coupant DI en deux parties égales, elle coupe aussi CN en deux parties égales au point V; d'ailleurs l'angle EDP formé par les rayons incident BDE & rompu DMF ou MDF est la moitié de l'angle ODN formé par les perpendiculaires d'incidence; (propos. génér.); donc (supposition troisiéme n. 32.) CN est aussi coupée en deux parties égales au point P par le rayon rompu; donc EV EP sont une même ligne; donc SR passe par le point P où le rayon rompu renconrre la base EP de l'angle EDP. Mais on peut démontrer dans ces deux verres le point de concours ou de divergence F sans recourir à la construction générale.

*Détermination du point de concours ou de divergence F des rayons rompus, lorsque les rayons incidens sont paralleles à l'axe.*

41. On employera les triangles semblables KRS; ESP, & les triangles semblables IDF EPD. Les deux premiers triangles donnent le rapport de EP à KS ou à on égale DI égal au rapport de ES ou de CK à KR; (8. Géom.) or suivant les deux autres triangles le rapport de EP à DI est aussi égal à celui de DE ou de CI à FI, (8. Géom.) donc le rapport de CK à RK est égal à celui de CI à FI. (14. Arith.) Cela étant on remarquera qu'aux verres convexes ou concaves des deux côtés (*Fig*. 68. 69.) CK est la somme des demi diamétres des surfaces spheriques; mais si le verre est menisque (*Fig*. 70. 71.) CK est la différence des demi diamétres. Donc on aura le point de concours ou de divergence F par cette proportion la somme ou la différence des demi diamétres des surfaces spheriques est au diamétre KR de l'une d

ces surfaces, comme le demi diamétre CI de l'autre est à la distance cherchée FI; & après avoir doublé les antecedens CK & CI, on aura encore cette proportion la somme ou la différence des diamétres est à l'un des diamétres, par exemple, KR comme l'autre diamétre est à la distance cherchée FI.

42. Les verres plan convexe & plan concave peuvent être considérés comme des menisques dont une des surfaces spheriques a un demi diamétre d'une longueur infinie; c'est la surface plane que l'on peut regarder comme telle; elle sera concave dans le verre plan convexe, & convexe dans le verre plan concave. Cela étant le point de concours ou de divergence F sera distant du verre d'une longueur égale au moindre des deux diamétres. Car l'un des diamétres étant infini, le moindre diamétre sera nul à son égard, donc le double de CK qui est la différence des diamétres sera égale au diamétre d'une longueur infinie, par conséquent si KR (*Fig.* 72. 73.) représente ce diamétre les deux premiers termes de la proportion précédente seront égaux; donc les deux derniers, sçavoir, le double de CI & FI seront aussi égaux, donc la distance du point F au verre sera égale au moindre des diamétres. Ce qui est d'ailleurs évident par la proposition générale. Car suivant cette proposition le rayon rompu ou son prolongement divise l'angle ODE ou ODN formé par les perpendiculaires d'incidence en deux parties égales, puisque l'angle EDP qu'il fait avec le rayon incident BD, prolongé s'il le faut, est la moitié de l'angle ODN, & que d'ailleurs le rayon incident est sur une des perpendiculaires d'incidence; donc EP ou NP est la moitié de CE ou de CN ou de DI; par conséquent comme EP est la moitié de DI, ainsi ED ou CI est la moitié de FI, ce qui est évident à cause des triangles semblables EDP IFD: par conséquent le point de concours ou de divergence F est distant du verre plan convexe ou plan concave d'un diamétre de la surface spherique. M. de la Hire donne en peu de mots la construction précédente pour les seuls verres convexes, j'ai

essaié de l'appliquer aux autres verres, & j'ai vû qu'elle étoit générale.

Corollaires. 1°. Si les surfaces spheriques ont des diamétres égaux, la somme des diamétres sera double de chacun, donc l'un d'eux sera double de la distanceFI; par conséquent le point F sera éloigné du verre d'un demi diamétre, donc il tombera au centre C ou K.

43. 2°. Si les diamétres des surfaces sont inégaux, la somme des deux sera plus grande que le double de l'un, & moindre que le double de l'autre; donc un des diamétres sera plus grand que le double de FI, & l'autre diamétre moindre : si on suppose que la premiere surface, c'est-à-dire celle que le rayon incident BD rencontre la premiere, a le moindre demi diamétre CI, le point F sera plus éloigné du verre que n'est le centre C; mais si cette surface avoit le plus grand des deux diamétres, le point F seroit entre le centre & le verre.

44. 3°. Si le verre est menisque(*Fig.* 70. 71.)le point de concours ou de divergence F sera d'autant plus éloigné du verre que la différence CK sera petite par rapport à CI; ce qui est évident à cause de la proportion CK . KR : : CI . FI ou CK . CI : : KR, FI, ensorte que si CK étoit infiniment petite par rapport à CI, KR seroit aussi infiniment petite par rapport à FI, & le point de concouts ou de divergence F seroit à une distance infinie du verre, ou ce qui est la même chose le rayon BD sortiroit du verre parallele à l'axe. En effet si la différence CK étoit nulle les deux surfaces spheriques seroient égales & paralleles; donc le rayon BD après s'être plié en traversant la premiere il se redresseroit à la rencontre de la seconde en rentrant dans l'air comme il a été dit au sujet d'un verre plan des deux côtés. Si la différence CK augmente, le point F (*Fig.* 70.) s'approchera du verre, ensorte que si CK est, par exemple, double de CI, le point F sera au centre K ou distant du verre d'un demi diamétre de la surface spherique concave. Car CK étant double de CI, KR qui est le diamétre de cette surface sera double de FI. Ce

qu'on peut encore déduire d'une autre maniere en supposant que la surface convexe est exposée à la lumiere. Car le rayon incident BD en entrant dans le verre se rompra vers l'axe, & le rencontrera en un point F distant de cette surface de trois demi diamétres ; (V. 19) donc le rayon rompu DF sera sur le demi diamétre DK, puisque CK est double de CI, & que IK est triple de CI ; donc le rayon DF rompu à la rencontre de la premiere surface sera perpendiculaire à la seconde, donc il rentrera dans l'air sans se rompre une seconde fois ; par conséquent si CK est double de CI le point F sera au centre K. Si la différence CK est plus que double de CI, le point F sera entre les deux centres CK ; & si la différence CK devient infiniment grande par rapport à CI, pour lors le menisque ne différant plus d'un verre plan convexe, le rayon rompu coupera l'axe à la distance d'un diamétre de la surface convexe. Dans la (*Fig.* 71.) la différence CK est moindre que CI, donc le diamétre KR de la surface concave sera moindre que FI ; par conséquent le point de divergence F sera toujours plus distant du verre que d'un diamétre de la surface concave ; mais la différence CK augmentant la distance FI diminuera, comme il paroît par la proportion, ensorte que le point K étant à une distance infinie, CK sera à peu près égale à CI : pour lors le diamétre KR sera aussi égal à FI & le point de divergence sera distant du verre d'un diamétre de la surface spherique concave. En effet pour lors le verre ne différera point d'un verre plan concave, puisque le rayon CI de la surface convexe aura une longueur infinie.

45. Le point F est appellé *le foyer des paralleles* ou *le foyer absolu*, mais parce que les rayons paralleles après leur double réfraction peuvent être convergens ou divergens pour distinguer l'un de ces points de l'autre, on appelle le point de divergence le *foyer négatif*, & le point de convergence simplement *le foyer* ou *le foyer absolu* : les verres convexes des deux côtés, les plans convexes, & les menisques dont la convexité a le moindre demi diamétre ont

un foyer abſolu ; & les verres concaves de chaque côté ; plans concaves & les meniſques dont la concavité a le moindre demi diamétre ont un foyer négatif. Le point de concours F des rayons rompus eſt appellé le foyer, parce que la lumiere qui vient d'un point du Soleil, s'amaſſant en ce point après avoir traverſé un verre ſpherique a la force de bruler, & parce que les verres convexes des deux côtés amaſſent la lumiere plus parfaitement que les meniſques & que les verres plans convexes, on les appelle par préference verres ardens, lorſqu'ils ſont aſſez grands pour amaſſer autant de lumiere qu'il en faut pour bruler. On voit de ces verres qui ont juſqu'à 3 ou 4 pieds de largeur, leur vertu eſt la même que celle des miroirs ardens.

46. Pour déterminer la diſtance FI du foyer au verre, on n'a point tenu compte de l'épaiſſeur parce que les verres ordinaires en ont peu, eu égard aux diamétres des ſpheres dont leurs ſurfaces ſont des portions, mais ſi elle étoit grande, comme s'il s'agiſſoit de trouver la longueur du foyer d'une ſphere, pour lors l'épaiſſeur étant égale au diamétre de la ſphere même, on ne pourroit point la négliger. Voici comment on détermine la diſtance FI des rayons incidens BD paralleles à l'axe ACL, (*Fig.* 74.) elle eſt égale au quart du diamétre de la ſphere. Car le rayons incident BD parallele à l'axe en entrant dans le verre ſe détournera vers le même axe, & il iroit le couper au point G diſtant du ſommet A de trois demi diamétres s'il ne devoit pas ſe rompre une ſeconde fois (V. n. 19.) donc le point G auquel le rayon rompu BDG prolongé tend, eſt diſtant du centre C d'un diamétre, donc GI ou GO eſt un demi diamétre, donc le triangle GOC eſt iſoſcele, & les angles en GC ſont égaux, (6. Géom.) & l'angle exterieur GON eſt double de chacun : (5 Géom.) or le rayon rompu DO rencontrant une ſeconde fois la ſurface de la ſphere au point O s'éloignera en ſortant de la perpendiculaire CON, & coupant l'axe au point F fera avec la perpendiculaire CON l'angle de réfraction FON qui ſera à l'angle d'inclinaiſon GON comme 3 eſt à 2 ;

(V. n. 33.) donc l'angle d'inclinaiſon GON étant conçu diviſé en deux parties l'angle FOG en vaudra une, c'eſt-à-dire qu'il ſera la moitié de l'angle GON; or on vient de voir que l'angle G eſt auſſi la moitié de GON; donc le triangle FOG eſt iſoſcele; donc les côtés GF FO ſont chacun la moitié du demi diamétre GO ou GI; donc la diſtance FI ou FO du foyer F à la ſphere eſt le quart du diamétre.

*Détermination du point de concours ou de divergence G après la double réfraction, lorſque les rayons incidens viennent d'un point de l'axe & qu'ils ſont ſenſiblement divergens.* ( *Fig.* 75. 76. 77. 78. 79. 80. )

47. *Préparation.* Les rayons incidens ſont ſuppoſés venir du point A. Il faut prendre ſur l'axe le point *f* autant diſtant du verre que l'eſt le foyer F des paralleles, & tirer *f*D au point d'incidence D, & prolonger s'il le faut vers S le rayon incident ADS ou ASD, & le rayon BD prolongé vers E s'il eſt néceſſaire, étant toujours ſuppoſé un rayon incident parallele à l'axe, il faut mener DF au foyer F, & ce ſera le rayon rompu qui lui correſpond, ou ſon prolongement; & DG étant ſuppoſé le rayon rompu de l'incident AD. Pour déterminer le point de concours ou de divergence G, il faut faire attention aux triangles ſemblables FGD, DGA, & A*f*D. 1°. Le triangle FGD eſt ſemblable au triangle DGA; car l'angle G eſt commun, & l'angle GDF eſt égal à l'angle GAD. Ce qui ſe prouve ainſi. L'angle EDF que le rayon incident BDE parallele à l'axe fait avec le rayon rompu DF eſt la moitié de l'angle ODN formé par les perpendiculaires d'incidence KDN OCD; ( prop. gen. n. 34. ) or l'ongle GDS formé par le rayon incident ADS ou ASD, & le rayon rompu DG eſt auſſi la moitié de l'angle ODN par la propoſition générale; donc l'angle EDF eſt égal à l'angle GDS; ſi dans les figures 75. 77. 79. on retranche de part & d'autre la partie commune EDG, & ſi dans les figures 76. 78. 80. on retranche la partie commune SDF, les reſtes, ſçavoir,

les angles EDS & FDG seront égaux; de plus l'angle EDS est égal à l'angle GAD, à cause des paralleles GA BDE ou BED; (27. *Géom.*) donc l'angle GAD est égal à l'angle GDF. D'où il suit que les troisiémes angles ADG DFG sont égaux. (5. *Géom.*) Je dis encore que les triangles A*f*D ADG sont semblables, l'angle A est commun, & l'angle ADG est égal à l'angle A*f*D. Car le triangle FD*f* étant isoscele par la construction, les angles en F & *f* sont égaux, or l'angle ADG vient d'être démontré égal à l'angle DFG; donc l'angle A*f*D & l'angle ADG sont égaux. Donc on aura cette proportion A*f*.*f*D :: AD.DG. Considérant le point *f* comme le foyer, puisqu'il est autant distant du verre que le foyer F, on pourra énoncer ainsi cette proportion. La distance de l'objet au foyer est à la distance du foyer au verre, comme la distance de l'objet au verre est à la distance du verre au point de concours ou de divergence G.

48. Si des rayons SDA (*Fig.* 81. 82.) au lieu de venir d'un point de l'axe tendent à un point A du même axe, on trouvera le point G par une construction & par un raisonnement semblables à ce qui vient d'être dit. Car on aura toujours le triangle FGD semblable aux triangles DGA, *f*DA; d'où l'on conclura que ces deux derniers sont semblables & que A*f*.*f*D :: AD.DG.

49. Si le rayon SD (*Fig.* 83.) tend au point *f* de l'axe autant distant d'un verre qui écarte les rayons que l'est le foyer négatif des paralleles, il sortira du verre parallele à l'axe. Car dans la proposition A*f*.*f*D :: AD.DG, le premier terme A*f* devenant nul ou infiniment petit par rapport à *f*D, puisqu'on suppose que le rayon incident tend au point *f*, il s'ensuit que AD sera infiniment petite par rapport à DG; donc le point G sera à une distance infinie; donc DG qui tend à ce point sera parallele à l'axe. On peut dire encore que le rayon incident doit faire avec le rayon rompu un angle égal à la moitié de l'angle ODN que font les perpendiculaires d'incidence, ou égal à l'angle BDF que le rayon incident BD parallele à l'axe fait

avec DF prolongement du rayon rompu, (prop. gén.) lequel est égal à l'angle DF*f* ou D*f*F ; donc l'angle que que SD*f* fera avec le rayon rompu sera égal à l'angle D*f*F, il sera donc égal à ED*f* qui est son alterne ; donc le rayon qui tend au point *f*, après la double réfraction sera sur BDE, donc il sortira parallele à l'axe.

50. Considerons les déplacemens qui arrivent au point G (*Fig.* 83.) à mesure que le point A auquel les rayons incidens SDA tendent se meut sur l'axe. 1°. Si le verre est concave des deux côtés ou plan concave, & que le point A tombe au point *f*, les rayons rompus seront paralleles à l'axe comme il vient d'être dit. Si le point A s'éloigne du point *f* en s'approchant du verre, le point de concours G s'en approchera aussi, mais il en sera toujours plus éloigné que A, jusqu'à ce que le point A touchant le verre le point G le touche aussi. Car au moment que le point A touchera le verre, *f*A sera égale à FD ; donc AD sera égale à DG : ainsi tandis que le point A parcourra l'espace qui est entre le point *f* & le verre, le point de concours G parcourra un espace infini en s'approchant toujours ; si le point A est plus distant du verre que le point *f*, le rayon rompu sera divergent. Car si le rayon incident SDA tendoit au point *f*, le rayon rompu seroit parallele à l'axe ; & si le point A étoit entre le verre & le point *f*, le rayon rompu DG seroit convergent ; donc si le point A est plus distant du verre que le point *f* le rayon rompu sera divergent : ainsi le point de divergence G & le point A seront de différens côtés par rapport au verre ; & tandis que le point A parcourra un espace infini en s'éloignant du verre, le point de divergence G parcourra aussi un espace infini en s'approchant, ensorte que le point de tendence A étant à une distance infinie, le point de divergence sera au foyer négatif F.

51. Si les rayons incidens au lieu de tendre à un point A de l'axe (*Fig.* 76, 78, 80.), viennent de ce point, & qu'ils tombent sur un verre qui disperse ou écarte les rayons, le point de divergence G ne peut parcourir que

l'espace qui est entre le foyer F & le verre; car lorsque le point A est à une distance infinie, le point G est au foyer F; & si le point A s'approche ensuite du verre, il est évident que A$f$ sera toujours plus grande que D$f$; donc AD sera aussi plus grande que DG, donc à quelque distance que le point A soit, le point G sera toujours plus près du verre; ce ne sera qu'au moment que A$f$ sera égale à D$f$, & AD égale à DG, que ces deux points en seront également éloignés; mais lorsque A$f$=D$f$, pour lors le point A touche le verre de même que le point G; ainsi le point de divergence G ne parcourt que l'espace qui est entre le foyer F & le verre, tandis que le point radiant A parcourt un espace infini.

52. Si des rayons divergens d'un point de l'axe tombent sur un verre qui amasse la lumiere (*Fig.* 75, 77, 79.), le point de concours G s'éloignera du foyer F, à mesure que le point radiant A, que l'on suppose plus distant du verre que le point $f$, s'en approchera; ensorte que A$f$ devenant égale à D$f$, AD sera égale à DG. Si le point A s'approche d'avantage, A$f$ étant moindre que D$f$, AD sera moindre que DG; & si A$f$ devient infiniment petite par rapport à D$f$, en sorte que le point radiant A soit au point $f$; pour lors AD sera infiniment petite par rapport à DG, ainsi le rayon rompu DG ne concourra avec l'axe qu'à une distance infinie; il sortira par conséquent du verre parallele à l'axe; donc tandis que le point radiant parcourt un chemin infini en s'approchant du verre, le point de concours G parcourt aussi un espace infini en s'éloignant. Si le point radiant A s'approche d'avantage du verre, les rayons rompus cessant d'être paralleles seront divergens, car les rayons incidens venant d'un point plus près que n'est le point $f$, seront trop écartés pour qu'ils puissent concourir après s'être rompu; ainsi de convergens qu'ils étoient d'abord ils deviennent paralleles à l'axe, & ensuite divergens; ensorte que si le point radiant qu'on suppose entre le verre & le point $f$ est si près de ce point que A$f$ soit comme infini-

ment petite par rapport à D$f$, AD sera aussi infiniment petite par rapport à DG ; donc le point de divergence G sera à une distance infinie ; mais à mesure que le point radiant A s'approchera d'avantage du verre, A$f$ augmentera par rapport à D$f$, donc AD augmentera aussi par rapport à DG, & le point de divergence G s'approchera du verre ; & lorsque A$f$ sera égale à $f$D, & que le point radiant A touchera le verre, AD sera aussi égale à DG. Par conséquent le point de divergence G le touchera aussi. Donc tandis que le point radiant A parcourt l'espace qui est entre le point $f$ & le verre, le point de divergence G parcourt un espace infini.

53. On a dit que si les rayons incidens divergent du point $f$ qui est autant distant du verre que le foyer F. Les rayons sortent du verre paralleles à l'axe. Outre la raison qu'on en a aportée tirée de la proportion, on peut encore le prouver de la même maniere qu'on a démontré, que si des rayons incidens tendent à un point $f$ de l'axe d'un verre concave autant distant que l'est le foyer F, ils sortent aussi paralleles à l'axe. Le raisonnement étant le même, on n'insiste pas d'avantage.

54. Si des rayons SD tendent à un point A de l'axe (*Fig.* 81.) le point de concours G sera plus près du verre que le foyer F. Car puisque l'angle ADG est égal à l'angle EDF, (prop. gen.) & que d'ailleurs DA est situé entre l'axe & DE, il faut que le point G soit plus près du verre que le point F, donc le point A s'approchant du verre, le point de concours G des rayons rompus s'en approche de même. Si le point de tendence A s'éloigne, le point de concours s'éloigne aussi, de maniere qu'il reste toujours entre le verre & le foyer F, où il parvient lorsque le point de tendence A est à une distance infinie : ainsi tandis que ce point parcourt un espace infini, le point de concours G ne parcourt que l'espace qui est entre le verre & le foyer F.

*Détermination des points de concours ou de divergence des rayons qui viennent de points hors de l'axe du verre.*

55. Ce qui vient d'être dit de la réfraction de la lumiere à travers les verres spheriques est seulement pour les rayons, qui étant paralleles ou inclinés à l'axe ont après la double refraction leurs points de concours ou de divergence sur l'axe même. Mais il y a d'autres rayons incidens inclinés à l'axe que la double refraction détourne vers d'autres points qui ne sont point dans l'axe. Car autant qu'il y a de points radiants dans un objet qui envoye de la lumiere sur un verre, autant il y a de points de concours ou de divergence après la réfraction. Il suffira de considerer les rayons incidens qui viennent d'un de ces points, par exemple, de l'une des extrémités de l'objet. Ces rayons sont paralleles entr'eux si le point radiant est à une distance infinie, ou bien ils sont divergens, si le point radiant est assez près du verre pour qu'ils fassent entr'eux des angles sensibles; enfin ils peuvent tendre à un même point. Pour déterminer les points vers lesquels la double refraction les plie, on observera qu'entre les rayons incidens qui forment le cone ou la pyramide de lumiere qui a pour base le verre, il y en a un qui se refracte de maniere qu'il sort parallele à lui-même ou à son incidence, de même que si la lumiere traversoit un verre plan. Car les surfaces d'un verre spherique étant composées d'une infinité de petites surfaces planes différemment inclinées les unes à l'égard des autres, il y en a qui sont paralleles entr'elles, de sorte que si un rayon qui tombe sur une de ces petites surfaces se détourne par la premiere réfraction vers l'autre petite surface parallele, il se redressera en sortant du verre, & ce sera comme s'il n'avoit point été rompu, c'est-à-dire qu'il sera parallele à son incidence comme il a été prouvé: (V. 9.) or ce rayon doit être considéré comme l'axe des autres rayons incidens qui partent du même point, puisqu'il se redresse & qu'il reprend sa premiere situation; ainsi

leur point de divergence ou de convergence doit être sur ce rayon, de même que les rayons qui partent d'un point de l'axe ont le leur sur le rayon qui est couché sur l'axe du verre. Cela étant, puisque la loi de la réfraction est la même pour tous les rayons, ensorte que chaque rayon incident fait avec le rayon rompu un angle égal à la moitié de l'angle des perpendiculaires d'incidence, il s'ensuit que les rayons paralleles entr'eux & obliques à l'axe doivent avoir leur concours ou leur divergence sur leur propre axe, autant distant que l'est le foyer des rayons paralleles à l'axe du verre; & que si deux points radians également éloignés l'un sur l'axe & l'autre à côté envoyent de la lumiere sur un verre, les rayons de l'un & de l'autre auront aussi leur point de concours ou de divergence à la même distance: or on peut toujours déterminer celui des rayons paralleles à l'axe, donc le lieu de celui-ci étant connu, on aura par son moyen le lieu de l'autre.

56. Pour appercevoir que les surfaces des verres spheriques ont certaines parties qui sont paralleles entr'elles. Supposons que les centres C, K (*Fig.* 84.) en sont également éloignés, ou que leurs demi diamétres sont égaux; il est certain que si des points EL également distans de l'axe CK, on tire de part & d'autre des tangentes E*e* L*l* elles seront paralleles; or les points d'attouchement représentent les petites surfaces en E L, & les tangentes leur situation; donc les petites surfaces en E L sont paralleles. Cela posé, si un rayon AL rencontre la premiere surface en L, il pourra se rompre de maniere qu'il aille rencontrer la seconde surface au point de contingence E; cela étant, en sortant du verre il se redressera, & le rayon rompu EG sera parallele à l'incident AL, ce sera donc de même que si le rayon AL avoit traversé le verre en ligne droite: or entre une infinité de rayons qui venant d'un point couvrent la premiere surface du verre, on peut bien supposer qu'il y en a un qui se refracte de la maniere qu'il vient d'être dit; par conséquent ce sera comme l'axe vers lequel les autres rayons se plieront, & sur lequel ils au-

ront leur point de divergence ou de convergence. Cela posé.

57. Considerant le rayon ALG comme un axe, les rayons ID qni lui sont paralleles, après leur double réfraction auront leur point de concours G autant distant que le foyer F; car le rayon incident BD parallele à l'axe KC du verre se détourne après la double réfroction vers le foyer F ou C, distant d'un demi diamétre de l'une ou de l'autre convexité si elles sont égales; & si elles sont inégales on a la distance DF ou MF en employant la proportion de l'article V. n. 41. Cela posé, DF rayon rompu de l'incident BD concourt à la distance DF avec l'axe KC, parce qu'il fait avec l'incident BDH l'angle FDH égal à la moitié de l'angle ODN formé par les perpendiculaires d'incidence: or le rayon rompu DG fait aussi avec l'incident IDS, l'angle GDS qui est pareillement la moitié de l'angle ODN, par conséquent le rayon rompu DG rencontre l'axe AMG en un point G, autant distant du verre que l'est le foyer F des rayons paralleles à l'axe du verre.

58. L'égalité des distances des points de concours G F étant fondée sur ce que les angles que les rayons rompus font avec les rayons incidens sont la moitié des angles formés par les perpendiculaires d'incidence, & sur la supposition qu'entre les rayons qui viennent d'un point il y en a un qui traverse le verre comme s'il ne se rompoit point, parce qu'il se redresse; il est visible que ce qu'on vient de dire peut-être appliqué à tous les verres; & que comme il est vrai ques les rayons qui viennent de deux points infiniment éloignés ont après la double réfraction leurs points de concours ou de divergence également distans du verre, de même si deux points radians envoyent de la même distance des rayons qui soient sensiblement divergens, ils seront aussi détournés par la double réfraction vers deux autres points qui seront également éloignés du verre: or par les principes qu'on vient d'établir on peut toujours trouver le point de concours ou de divergence des rayons

qui viennent d'un point de l'axe ; donc par le même moyen on aura la distance de celui des rayons qui viendront d'un autre point également éloigné.

*Des Images que peint la lumiere réfractée par un verre spherique convexe.*

59. La lumiere qui vient de divers points d'un objet après s'être refractée à la rencontre d'un verre convexe d'un ou de deux côtés s'amasse en autant d'autres points & y forme une image; & parce que les points que les pinceaux peignent s'entresuivent dans le même ordre que dans l'objet, & que d'ailleurs les varietés & les nuances des couleurs y sont gardées, il est aisé de juger que l'image est ressemblante à son objet, mais elle est renversée ; car elle est comprise entre les rayons qui venant des extrémités de l'objet font l'office d'axes ; ( Les axes des pinceaux optiques ou des pyramides de la lumiere qui vient des différens points d'un objet, sont suivant le nombre 55. de l'article V. des rayons, qui après leur double réfraction sortent des verres qu'ils traversent comme s'ils n'avoient point été rompus, ou paralleles à leur incidence, & sur lesquels se réunissent les autres rayons des pyramides dont ils sont les axes. ) Or ces axes se coupent vers le milieu de l'épaisseur du verre ; donc ce qui est du côté droit de l'objet se peint à la gauche, & ce qui est du côté gauche se peint à la droite ; la partie superieure dans l'objet devient la partie inferieure de l'image, & la partie inferieure la partie superieure ; donc l'image est renversée. On ne la voit distinctement & bien terminée qu'en excluant toute lumiere étrangere qui venant à se mêler avec la lumiere réfractée en troubleroit les fonctions : c'est pourquoi l'expérience ne réussit à souhait que dans une chambre obscure, où il n'entre d'autre lumiere que celle qui traverse le verre. Elle est plus petite ou plus grande selon que l'objet est plus ou moins éloigné ; & elle est la plus petite lorsque l'objet est à une distance infinie, & la plus grande lorsque l'objet est éloigné du verre de la distance du foyer. Ces divers change-

mens qui arrivent à la grandeur de l'image, procédent de ce qu'il se forme deux angles opposés qui ont leur sommet en dedans du verre au point où les axes se coupent; l'un a pour base le diamétre ou la largeur de l'objet, & l'autre le diamétre de l'image. Si l'objet s'éloigne l'angle diminue, & l'image s'approche du sommet ou du verre; elle est donc d'autant plus petite qu'elle plus proche du sommet, & que les côtés de l'angle sont plus courts : or lorsque l'objet est à une distance infinie l'angle est le plus petit, & l'image est la plus proche qu'elle pisse être du sommet de l'angle ou du verre, donc elle est alors la moindre. Mais si l'objet s'approche du verre, l'angle augmente, & l'image s'éloigne du sommet ou du verre; donc il y a deux raisons d'augmentation l'ouverture de l'angle plus grande, & la distance au sommet devenue aussi plus grande. Si l'objet arrive au foyer l'angle est pour lors le plus grand qu'il se puisse, & l'éloignement de l'image est infini, puisque les rayons rompus ne concourent alors qu'à une distance infinie; donc l'image est alors la plus grande qu'elle puisse être. Si l'objet s'approche d'avantage du verre les rayons deviennent divergens & l'image disparoît : cependant quoiqu'ils ne peignent aucune image au-dehors puisqu'ils vont en s'écartant, ils peuvent en peindre une au fond de l'œil comme font les rayons qui son réflechis par un miroir plan, & alors l'œil voit à travers le verre une fausse image ou une apparence de l'objet dans l'endroit de la divergence des rayons, comme il en voit une au-delà du miroir d'où les rayons réflechis semblent venir. Il y a cette différence que l'objet vû par réflexion n'est point au-delà du miroir comme il est au-delà du verre spherique qui réfracte la lumiere; néanmoins l'œil ne le voyant point dans l'endroit où il est, à cause du déplacement apparent produit par la réfraction, on peut dire que ce n'est point tant l'objet qui est visible que son apparence, laquelle est une fausse image, parce qu'il n'y a aucune peinture réelle là où les rayons sont divergens.

60. Les verres plans concaves & concaves des deux

côtés

côtés écartent la lumiere & rendent les rayons plus divergens qu'ils n'étoient; donc la lumiere réfractée ne peut point peindre au-dehors d'image, mais elle en peut peindre une sur la retine, comme il vient d'être dit, & alors l'œil voit l'objet ou son image dans l'endroit d'où les rayons paroissent partir. Les propositions qui ont servi à déterminer le lieu où se fait la convergence ou la divergence des rayons déterminent aussi le lieu de l'image vraie ou fausse. Car l'image se trouve dans l'endroit où les rayons rompus concourent, & elle paroît dans l'endroit d'où les rayons rompus semblent diverger.

### *De la vision à travers les verres spheriques.*

61. L'œil peut regarder à travers un ou plusieurs verres spheriques. En général les verres qui aident la vûe sont appellés lunettes, elles sont simples ou composées; on se sert des lunettes simples pour voir distinctement les objets qui sont à une médiocre distance, ou bien pour découvrir ceux qui à cause de leur extréme petitesse échapperoient à la vûe simple, les verres qui servent à ce dernier usage sont appellés *microscopes*. Il y en a de simples & de composés. Les lunettes simples qui aident la vûe dans les occupations ordinaires de la vie sont appellées simplement lunettes. Celles qui sont composées de deux ou d'un plus grand nombre de verres, & avec lesquelles on regarde les objets éloignés sont appellées lunettes de longue vûe, lunettes d'approche, telescopes; cette derniere dénomination convient principalement aux lunettes des Astronomes lorsqu'ils observent les Astres.

### *Les Lunettes simples ordinaires.*

62. Il y a deux choses à considérer dans un objet qu'on regarde avec une lunette simple ordinaire, sa grandeur & sa situation. Un objet peut paroître avec une lunette simple plus ou moins grand, ou de même grandeur qu'à la vûe simple, il peut paroître droit ou renversé. La grandeur réelle & véritable d'un objet c'est l'espace qu'il occupe

suivant la triple dimension de l'étendue, elle est toujours la même ; la grandeur apparente c'est la grandeur réelle ou véritable en tant qu'elle est apperçûe des yeux ; elle varie selon l'éloignement, ou selon l'ouverture de l'angle visuel auquel l'objet sert de base. Cette grandeur est encore modifiée par l'interposition d'une lunette, de sorte que la grandeur à la vûe simple & la grandeur avec une lunette sont deux grandeurs apparentes fort différentes l'une de l'autre; pour les distinguer on nommera grandeur vraie ou véritable, la grandeur à la vûe simple, & grandeur apparente celle que l'œil apperçoit à l'aide d'une lunette.

63. Tous les verres spheriques qui amassent la lumiere ont des effets semblables, car les verres plans convexes & les menisques, dont la surface convexe a le moindre demi diamétre, plient la lumiere comme feroit un verre convexe des deux côtés; les longueurs ou les distances des foyers de ces verres étant données, on peut toujours trouver un verre lenticulaire qui refracte la lumiere de même. Ce qui est dit des verres plans convexes & des menisques par rapport aux verres convexes de chaque côté, il faut l'entendre des verres plans concaves & des menisques dont la concavité a le moindre demi diamétre; il faut l'entendre, dis-je, par rapport aux verres concaves des deux côtés : c'est pourquoi il suffit de considérer la vision au travers des seuls verres convexes & concaves des deux côtés, parce que les autres verres peuvent être rapportés à l'une ou à l'autre de ces deux especes. On supposera encore que dans un triangle dont un des angles est fort obtus, les angles sont comme leurs sinus, ou que le grand côté est aux deux autres, comme l'angle aigu qui est le supplement de l'angle obtus, est aux deux autres angles.

64. On déterminera les grandeurs véritable & apparente par les angles visuels qui se forment au centre de la prunelle; sçavoir, la grandeur véritable sera mesurée par l'angle visuel que forment les rayons directs qui viennent des extrémités, & la grandeur apparente le sera par l'angle visuel que font entr'eux les rayons rompus, dont les

incidens viennent auſſi des extrèmités. On ſuppoſera que l'œil eſt ſur l'axe du verre, & il pourra avoir trois poſitions principales ; ſe trouver au foyer, être entre le foyer & le verre, ou bien être plus éloigné du verre que le foyer.

*De la viſion à travers un verre convexe des deux côtés.* ( *Fig.* 85. 86. 87. 88. )

*65.* BS repréſente le demi diamétre de l'objet qui envoye de la lumiere ſur le verre X, BF en eſt l'axe, F le foyer, O ou G le lieu de l'œil ou de la prunelle, SD un rayon incident, qui venant de l'extrémité S ſe détourne par la double réfraction vers l'œil & va rencontrer la prunelle au point O ou G ; ainſi l'extrémité S ſera vûe au moyen du rayon rompu DO. A l'égard du milieu B de l'objet, comme il eſt ſur l'axe du verre, il ſera vû au moyen du rayon direct BF ; car ce rayon étant perpendiculaire aux deux ſurfaces du verre, le traverſe ſans ſe rompre : cela étant, la grandeur apparente de l'objet BS ſera meſurée par l'angle DOM que l'axe & le rayon rompu DO forment entr'eux ; & ſi de l'extrémité S on tire à l'œil O la ligne droite SO, elle repréſentera le rayon direct, au moyen duquel l'extrémité S eſt viſible du point O : ainſi les rayons viſuels BO SO étant directs, l'angle BOS ou MON meſurera la grandeur véritable, donc la grandeur apparente ſera à la grandeur véritable comme l'angle DOM eſt à l'angle MON,

*66.* 1°. Si l'œil eſt au foyer F ( *Fig.* 85. ) la grandeur apparente ſera à la véritable comme SO eſt à DO ; c'eſt-à-dire, comme la diſtance de l'œil à l'objet eſt à ſa diſtance au verre. Pour le démontrer on obſervera que l'œil étant au foyer F, le rayon rompu DO ne peut y tendre à moins que le rayon incident SD ne ſoit parallele à l'axe ; ( V. n. 41. 45. ) donc l'angle EDO formé par le rayon SD prolongé & par le rayon rompu DO eſt égal à l'angle DOM, & l'angle BOS ou MON eſt égal à l'angle DSO, ( 27. *Géom.*) donc les grandeurs apparente & véritable DOM, MON ſont égales aux angles EDO, DSO du triangle DOS : or ces angles étant ſuppoſés aſſez

petits sont entr'eux comme OS & OD, (V. n. 31.) donc ces grandeurs sont entr'elles comme les distances de l'œil à l'objet & au verre.

67. On remarquera que quelque grand que soit l'éloignement de l'objet BS, la grandeur apparente mesurée par l'angle DOM, demeurera égale à elle-même, car l'extrémité S sera apperçûe au moyen d'un rayon incident SD parallele à l'axe & l'intervalle qui sera entre deux sera toujours le même, puisqu'il est mesuré par le demi diamétre BS, donc le point d'incidence D sera toujours également éloigné du point M où l'axe traverse le verre; donc l'angle DOM ne changera point quelque puisse être l'éloignement de l'objet; la grandeur apparente en elle-même sera donc invariable : mais le rapport de cette grandeur à la véritable changera par les divers éloignemens de l'objet parce que l'angle MON variera continuellement; il augmentera si l'objet s'approche du verre, & il diminuera si l'objet s'éloigne; & lorsqu'il sera à une distance infinie, l'angle DOM & le côté OS étant comme infiniment grands par rapport à l'angle MON & au côté OD, la grandeur apparente sera infinie par rapport à la véritable. L'œil étant au foyer l'objet paroît droit. Car le rayon rompu DO vient à l'œil du même côté que se trouve le point S qu'il rend visible; donc il doit paroître à la droite où il est; par conséquent si l'œil est au foyer, il voit les objets droits.

68. 2°. Si l'œil est entre le verre & le foyer F, (*Fig*. 86. 87. 88.) ou s'il est plus distant du verre que le foyer, pour avoir le rapport de l'angle DOM à l'angle MON, il faut trouver le point A de l'axe d'où le rayon incident DS paroît venir ou auquel il tend. Car l'œil étant sur l'axe & voyant le point S au moyen du rayon rompu DO, la situation du rayon incident est déterminée en elle même, mais il faut la trouver. Si l'œil est entre le foyer & le verre, le rayon rompu DO (*Fig*. 86.) ne peut rencontrer l'axe au point O à moins que le rayon incident SD ne tende à un point A plus éloigné que n'est le foyer

F, comme il a été démontré. (V. n. 54.) Si l'œil eſt plus diſtant du verre que n'eſt le foyer F, (*Fig.* 87. 88.) pour que le rayon DO aille rencontrer la prunelle, il faudra que le rayon incident DS prolongé ou non rencontre l'axe en un point A. Car il n'y a que les rayons incidens qui viennent ou qui ſemblent venir d'un point de l'axe, qui après la double réfraction coupent l'axe en deçà du foyer où l'œil ſe trouve : or dans ce ſecond cas il peut arriver, à cauſe de la ſituation de l'œil, que le point A d'où le rayon incident paroît venir ſoit au delà ou en deçà de l'objet BS. Dans tous ces différens cas on trouvera la diſtance du point de tendence ou de divergence A, en employant les triangles ſemblables ADG FDG des fig. 75. 77. 81. que l'on a démontré ſemblables; (V. n. 47. 54. 48.) & ſuppoſant que l'œil O eſt au point G où le rayon rompu DG coupe l'axe, on trouvera la diſtance AO ou AG du point de tendence ou de divergence A par cette proportion FG ou FO eſt à OD ou GD comme OD ou GD eſt à OA ou GA; c'eſt-à-dire que le point de concours G étant ſuppoſé connu, on cherchera le point A de tendence ou de divergence en renverſant la proportion des nomb. 47. 48. Cela poſé, on aura le rapport de la grandeur apparente DOM à la grandeur véritable MON en comparant l'une & l'autre ou les angles qui les meſurent à l'angle DAM, ſous lequel l'œil verroit l'objet BS s'il étoit au point A, & la raiſon qui réſultera de cette double comparaiſon ſera compoſée; les triangles ADO AOS la donneront en ſuppoſant encore comme au nombre 31 de l'article V, que dans un triangle dont deux angles ſont fort aigus, & le troiſiéme par conſéquent fort obtus, les deux angles aigus ſont entr'eux comme les côtés oppoſés, & que l'angle aigu qui eſt le ſupplement de l'angle obtus eſt aux deux angles aigus, comme le côté oppoſé à l'angle obtus eſt aux côtés oppoſés aux angles aigus. Cela poſé, le triangle ADO donnera cette proportion DOM : DAO : : DA : DO. Le triangle AOS donnera cette autre proportion DAO . MON : : OS . AS. Multipliant par ordre

les termes de ces proportions, & divifant les deux premiers produits par le multiplicateur commun DAO, on aura DOM . MON : : OS×AD . OD×AS. C'eft-à-dire que la grandeur apparente DOM eft à la véritable MON en raifon compofée des diftances OS, OD de l'œil à l'objet & au verre, & des diftances AD, AS du point de divergence ou de tendence A au verre & à l'objet. Ces diftances étant connues, puifque les diftances FO, OD de l'œil au foyer & au verre, lefquelles font trouver la diftance AD font données, & que d'ailleurs on fçait à quelle diftance l'objet BS eft placé, on aura le rapport de la grandeur apparente à la véritable en formant les produits OS×AD, OD×AS.

69. 4°. Si l'œil eft entre le foyer F & le verre, (*Fig.* 86) & que l'objet foit à une diftance mediocre, la grandeur DOM variera felon que l'œil s'éloignera ou s'approchera du foyer, & elle furpaffera toujours la véritable jufqu'à ce que l'œil touche au verre; & la différence fera d'autant plus grande qu'il fera plus près du foyer. Car fi l'œil eft près du foyer la diftance AD fera fort grande, enforte que fi l'œil étoit au foyer elle feroit infinie, donc fi l'œil eft près du foyer, AD fera prefque égale à AS, parce que la différence BM des diftances du point A au verre & à l'objet fera petite, eu égard au grand éloignement du point A; donc on pourra confidérer ces deux diftances comme étant égales, donc les deux produits OS×AD, OD×AS étant divifés par les diftances égales AD AS, les grandeurs DOM, MON feront comme les diftances OS, OD de l'œil à l'objet & au verre; c'eft ce qu'on avoit déja conclu. Mais à mefure que l'œil s'approchera du verre en s'éloignant du foyer, le point de tendence A s'en approchera d'une viteffe incroyable, puifqu'il doit parcourir une efpace infini, tandis que l'œil ne parcourt que l'efpace compris entre le foyer F & le verre. (V. n. 54.) Donc le rapport de AD à AS deviendra de plus en plus petit; il eft vrai que le rapport de OS à OD augmentera à mefure que l'œil s'éloignant du foyer s'approchera

du verre, mais il augmentera moins que l'autre ne diminuera : ainsi le rapport des produits OS×AD, OD×AS diminuera à mesure que l'œil s'approchera du verre, donc la grandeur apparente DOM diminuera de même, de telle sorte que l'œil touchant au verre elle sera égale à la grandeur apparente MON. Car pour lors les grandeurs AD OD seront nulles; donc les deux produits OS×AD, OD×AS seront entr'eux comme OS AS qui seront aussi des grandeurs égales; donc les produits OS×AD, OD×AS étant pour lors égaux, la grandeur apparente DOM sera égale à la véritable MON : en effet, lorsqu'on regarde un objet à travers un verre lenticulaire qui touche l'œil, on ne le voit pas plus grand qu'à la vûe simple.

70. Il est évident que l'œil étant entre le foyer & le verre, l'objet paroît droit. Car le rayon rompu DO qui avertit l'œil de la présence du point radiant S, vient du même côté que ce point se trouve ; si le point S est à la droite, l'impression vient de la droite & l'œil l'y rapporte : c'est pourquoi l'objet paroît droit.

71. 2°. Si l'œil est plus éloigné du verre que n'est le foyer F, (*Fig.* 87. 88.) le rayon rompu DO agira comme si le rayon incident venoit d'un point A de l'axe; & plus l'œil sera éloigné du foyer, plus le point de divergence A sera près du verre, ce qui est évident par la proportion OF ou GF est à OD ou GD, comme OD ou GD est à AO ou GA: ainsi OF augmentant par rapport à OD, OD augmentera par rapport à AO ou GA; donc le point A s'approchera à mesure que l'œil s'éloignera du foyer: il pourra donc se faire que l'œil soit à une telle distance du foyer que le point A soit plus près du verre que n'est l'objet BS; pour lors le rayon incident SAD passant de la droite à la gauche, & se rompant vers DO (*Fig.* 88.) fera impression sur l'œil comme venant de la gauche, & l'objet semblera renversé. Si l'œil est près du foyer, le point de divergence A (*Fig.* 87.) pourra être au-delà de l'objet; pour lors le rayon incident SD, & le rayon rompu DO seront du même côté de l'axe que le point radiant S; donc l'impression

que l'œil en recevra viendra du côté que ce point se trouve ; donc l'objet paroîtra droit.

72. Tant que le point de divergence A sera au-delà de l'objet BS, c'est-à-dire tant que l'objet paroîtra droit, la grandeur apparente DOM surpassera la véritable MON ; & elle augmentera à mesure que l'œil s'éloignera du foyer. Car OS étant plus grande que OD, & AD plus grande que AS, il est nécessaire que le produit OS×AD soit plus grand que le produit OD×AS ; donc la grandeur apparente surpassera la véritable ; & parce que l'œil s'éloignant du foyer le point A s'approche du verre & du point radiant S, le premier de ces produits augmentera par rapport au second, de telle sorte que le point A étant comme infiniment proche du point S, le produit OS×AD sera comme infiniment grand par rapport au produit OD×AS ; c'est pourquoi ce sera le moment où le rapport de la grandeur apparente à la véritable sera le plus grand qu'il se puisse. Ainsi tant que l'objet est droit, il paroît plus grand qu'il n'est, soit que l'œil se trouve entre le foyer & le verre, ou au foyer, ainsi qu'il a été démontré, ou en-deçà du foyer comme il paroît par ce qu'il vient d'être dit. Si après que le point de divergence A s'est approché de l'objet jusqu'à le toucher, l'œil continue de s'éloigner du foyer & du verre, le point A s'en approchera d'avantage ; pour lors les rapports de OS à OD, & de AD à AS diminueront, de même que celui du produit OS×AD au produit OD×AS ; donc la grandeur apparente diminuera ; & parce que AD peut diminuer, & AS augmenter à un tel point par l'éloignement de l'œil, que le produit OS×AD devienne égal au produit OD×AS, ou même plus petit ; la grandeur apparente diminuera aussi jusqu'à être égale à la grandeur véritable, & si l'œil continue de s'éloigner, elle deviendra même moindre de plus en plus. Donc l'objet ne paroît égal à lui-même ou moindre qu'il n'est, qu'après qu'il s'est renversé.

*La Lunette concave.*

73. On ſuppoſera encore que l'œil eſt ſur l'axe. Dans cette ſuppoſition il faudra que le rayon rompu DO (*Fig.* 89.) qui rend le point S viſible reponde à un incident SD, qui tende à un point A de l'axe ſitué entre le verre & le point *f* autant diſtant que l'eſt le foyer négatif des paralleles : car ſelon le nombre 50 de l'art. V., tandis que le point O qui repréſente l'œil, ou le point de concours G du rayon rompu DG parcourt un eſpace infini, le point de tendence A ne parcourt que l'eſpace qui eſt entre le verre & le point *f* ; de ſorte que ſi le point A ſe trouve plus diſtant du verre que n'eſt le point *f*, pour lors le rayon rompu DG devient divergent, ce qui obligeroit l'œil de s'éloigner de l'axe pour recevoir ce rayon, ce qui détruiroit la ſuppoſition qu'il eſt ſur l'axe : il eſt donc néceſſaire que le rayon incident SD tende au point A, ſitué entre le verre & le point *f*. Pour lors (*Fig.* 89.) la proportion GF . GD : : GD : GA fondée ſur les triangles ſemblables GDF GDA, ou la même proportion (*Fig.* 90.) OF ou GF. OD ou GD : : OD ou GD . GA ou OA démontre que l'œil eſt toujours plus éloigné du verre que le point A. Cela étant le rayon incident SD qui tend au point A ſera ſitué entre l'axe BO & le rayon direct SNO ; donc le rayon rompu DO de l'incident SD ſera ſitué entre l'axe BO & le rayon direct SNO ; d'où il ſuivra que la grandeur apparente DOM ſera moindre que la véritable MON, quelle que puiſſe être la ſituation de l'œil O ſur l'axe, donc la lunette concave diminue les objets. Les triangles ADO, AOS ſerviront encore à déterminer le rapport de ces deux grandeurs. Le triangle ADO donnera cette proportion DOM . DAM : : AD . OD . & le triangle AOS cette autre DAM . MON : : OS . AS, multipliant par ordre, & diviſant les deux premiers produits par DAM, on aura DOM . MON : : OS×AD. OD×AS.

74. Si l'objet BS eſt fort éloigné & l'œil à une diſtance mediocre, les diſtances AS OS ſeront ſenſiblement

égales ; c'eſt pourquoi les grandeurs DOM & MON ſeront comme les diſtances AD du point A, & OD de l'œil au verre. Si l'œil s'éloigne du verre conſidérablement & que l'objet en ſoit aſſez près, pour lors OD & OS pourront être des grandeurs ſenſiblement égales ; c'eſt pourquoi les grandeurs apparentes & véritables ſeront entr'elles dans le rapport des diſtances AD, AS du point A au verre & à l'objet. D'où l'on voit que plus l'œil s'éloignera, plus la grandeur apparente diminuera, parce qu'alors le rapport de OD à OS approchera d'avantage du rapport d'égalité.

75. Il eſt évident que l'objet paroît droit, car le rayon rompu DO va rencontrer l'œil & fait ſon impreſſion comme venant du même côté qu'eſt ſitué le point radiant S, donc l'objet paroît droit.

### *De la réfraction de la lumiere dans l'œil.* Fig 91

76. Après ce qui a été dit de la réfraction de la lumiere. il eſt aiſé de juger comment eſt-ce qu'elle ſe réfracte en traverſant les trois humeurs de l'œil, pour peindre ſur la retine les images des objets. Les rayons incidens BD étant ſuppoſés paralleles à l'axe ACO tombent d'abord ſur la cornée HS, & pénétrant dans l'humeur aqueuſe s'approchent de la perpendiculaire d'incidence, & tendent au point G de l'axe, diſtant de la ſurface ſpherique de 4 demi diamétres ou de 2 diamétres du globe de l'œil ; car la lumiere paſſant de l'air dans l'eau, l'angle d'inclinaiſon eſt à celui de réfraction comme 4 à 3 ; ainſi l'angle BDL ou DCK étant exprimé par 4, l'angle de réfraction CDG le ſera par 3, & l'angle réfracté GDP par 1 : or l'angle G eſt égal à l'angle réfracté ; (27. *Géom.*) donc il eſt auſſi exprimé par 1 ; de plus dans le triangle CDG les côtés ſont comme les angles, donc le côté CD ſera au côté DG comme l'angle G eſt à l'angle DCK ; donc le côté CD eſt le quart du côté DG, puiſque l'angle G eſt le quart de l'angle DCK. Le rayon rompu DG rencontrera enſuite la premiere ſurface du criſtallin au point E,

& fera avec la perpendiculaire d'incidence CE l'angle CEG, & parce que l'humeur aqueuse est moins dense que la cristalline, le rayon incident EG s'approchera de la perpendiculaire CE, & tendra à un point F de l'axe plus près du cristallin que n'est le point G : on pourroit déterminer la distance de ce point, si la convexité du cristallin & le rapport de la réfraction de la lumiere lorsqu'elle y entre étoient connus ; il est cependant certain que le point F est hors du globe de l'œil. Le rayon rompu EF rencontrera la seconde surface du cristallin au point I, & parce que l'humeur vitrée qu'il va pénétrer est moins dense que la cristalline, il s'éloignera de la perpendiculaire d'incidence KIM, & se détournera vers O où l'axe ACO rencontre la retine dans sa surface concave, & y peindra avec les autres rayons incidens paralleles le point radiant d'où ils viennent.

77. Si les trois surfaces refringentes qui séparent les trois milieux ou les trois humeurs de l'œil étoient infléxibles comme celles du verre, le point de concours O des rayons rompus ne se feroit point constamment sur la retine, mais ce point seroit tantôt hors du globe tantôt en-dedans selon l'éloignement du point radiant ; plus le point radiant seroit proche plus le point O seroit éloigné ; car il est visible que l'œil fait la fonction d'un verre lenticulaire, puisque les rayons paralleles à l'axe après leurs trois réfractions concourent sur le fond de l'œil : or plus un point radiant est près d'un verre lenticulaire, plus les rayons rompus font de chemin avant que de rencontrer l'axe : donc si les trois surfaces refringentes de l'œil supposées inflexibles déterminoient les rayons paralleles à l'axe à concourir en un point de la retine, le point radiant venant à s'approcher, le point de concours des rayons rompus s'éloigneroit d'autant plus, & il cesseroit de se faire sur la retine ; donc les images qui s'y peindroient seroient confuses. Si au contraire on suppose que les surfaces refringentes de l'œil pour être trop convexes ne réunissent sur la retine que les rayons qui viennent d'un point me-

diocrement éloigné, le point de concours s'éloignera ou se fera à une plus grande distance, si le point radiant continue de s'approcher, & il se fera en-dedans entre la retine & le cristallin si le point radiant s'éloigne. Il est donc nécessaire, quelle que soit la courbure des surfaces refringentes, qu'elles soient fléxibles, & qu'elles en prennent une qui soit proportionnée à la distance de l'objet, afin que le concours des rayons se puisse toujours faire sur la retine, sans quoi les images seroient confuses de même que la vision qu'elles occasionnent.

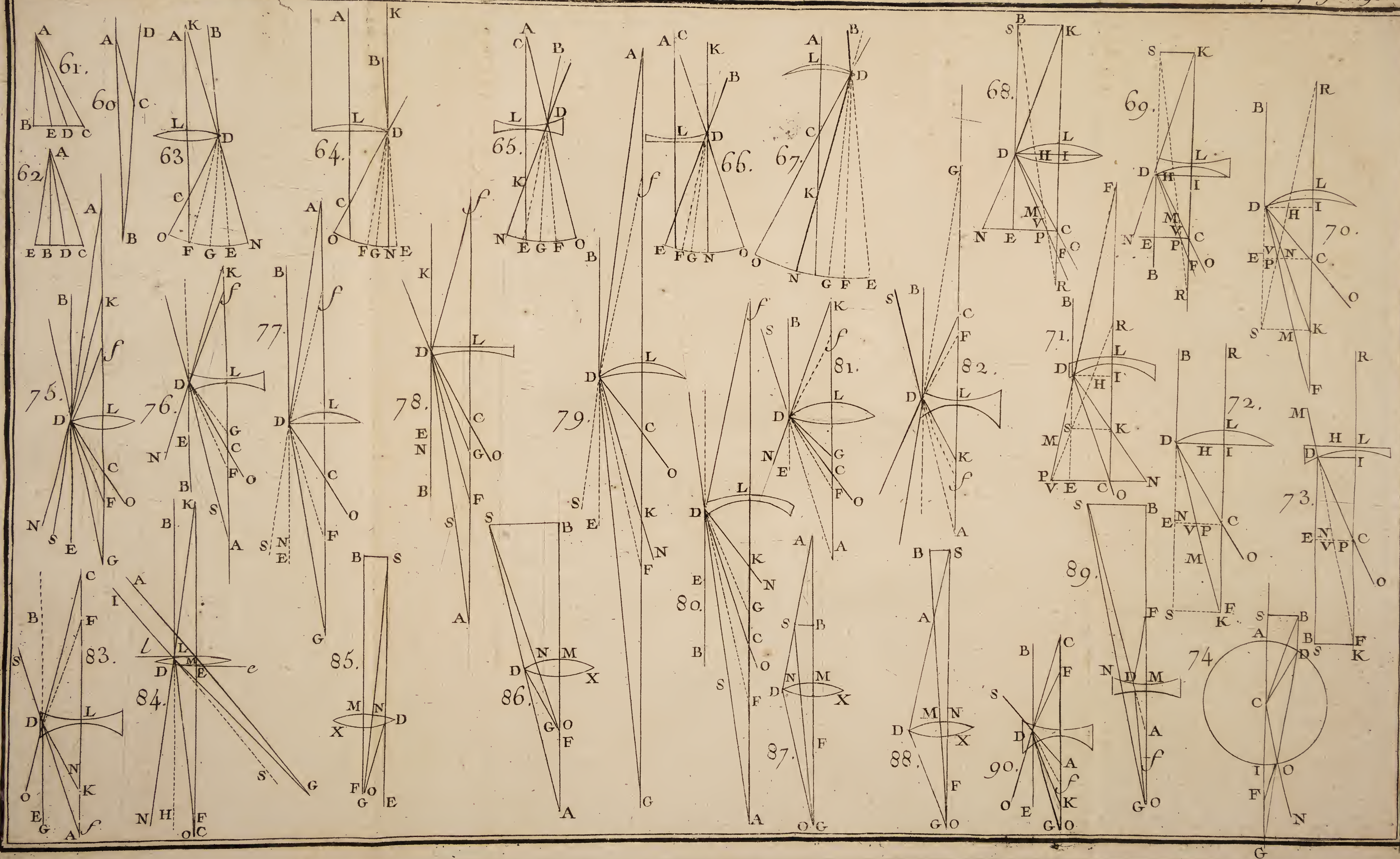
78. Il peut cependant arriver soit par un défaut de premiere conformation, soit par divers accidens, que les causes destinées à agir sur l'œil étant impuissantes ou trop foibles n'ayent pas la force d'en changer la figure selon le besoin, & par rapport aux divers éloignemens des choses exposées à la vûe; pour lors il n'y auroit que les objets qui seroient à une certaine portée qu'on verroit distinctement; ceux qui seroient en deçà ou plus proches, & ceux qui seroient en delà ou plus éloignés paroîtroient nécessairement confus, s'il n'y avoit des moyens d'obvier à cet inconvenient en suppleant ce qui manque à l'organe: or les lunettes convexes & concaves ont non-seulement la propriété de conserver la vûe & de l'entretenir dans ce qui lui reste de vigueur; mais elles ôtent encore ou dissipent l'espece de nuage qui paroît répandu sur les objets & qui est incompatible avec la vision distincte.

79. Supposons 1°. que la trop grande divergence des rayons incidens qui viennent d'un point radiant fort proche donne le point de concours des rayons rompus à une trop grande distance; si on place un verre lenticulaire entre l'œil & l'objet, il rendra les rayons de la lumiere convergens ou moins divergens: or des rayons qui entrent dans l'œil étant déja convergens ou moins divergens, après la triple réfraction ont leur point de concours plus proche que s'ils y entroient plus divergens; donc on pourra trouver une convexité de verre, telle quelle rapproche assez le point de concours des rayons rompus pour qu'il se

fasse précisement sur la retine : pour lors l'image sera nette & distincte, parce que chacun de ses points répondra à un point distinct de l'objet. Supposons en second lieu que le point radiant soit fort éloigné, le point de concours des rayons rompus sera plus proche & l'éloignement pourra être si grand, que le concours se fasse entre la retine & le cristallin ; pour lors les rayons après avoir concouru iront en s'écartant, & tomberont sur la retine étant divergens : si on place un verre concave entre l'œil & l'objet, les rayons de la lumiere après l'avoir traversé seront plus divergens qu'ils n'étoient avant leur incidence, & le point d'où ils paroîtront venir se sera approché de l'œil : or le point de concours des rayons qui traversent les trois humeurs de l'œil s'éloigne à mesure que le point radiant s'approche ; donc on pourra trouver une telle courbure de verre concave qui approche le point radiant ou le point de divergence des rayons incidens autant qu'il faut, pour que le concours des rayons rompus s'éloigne jusqu'à rencontrer la retine ; pour lors l'image qui auroit été confuse sans le secours du verre, sera nette & précise, & la vision qui s'en ensuit sera distincte.

80. Si deux verres de différentes convexités reçoivent de la lumiere de deux points radiants dont ils sont également éloignés, celui des deux qui est le plus convexe réunira les rayons rompus à une moindre distance ; car il doit réunir plus près les rayons qui viennent d'une même distance finie, comme il réunit plus proche ceux qui viennent d'une distance infinie & qui sont paralleles à l'axe, puisque le foyer d'un verre plus convexe est moins distant que celui d'un verre qui a une moindre convexité. Cela paroît encore par la proportion dont on a fait un usage si fréquent A*f*.*f*D : : AD . DG. ( *Fig*. 75.) Car la distance AD étant la même, plus un verre est convexe, plus le rapport de A*f* à *f*D est grand, parce que *f*D est d'autant plus petite ; donc le rapport de AD à DG est aussi plus grand, plus le verre est convexe ; donc la distance DG où se fait le concours des rayons rompus est moindre : or l'œil

fait l'office d'un verre lenticulaire ; donc ſi les ſurfaces réfringentes d'un œil ont plus de courbure que celles d'un autre, il réunira plus près les rayons qui viennent d'une même diſtance, donc ſi la réunion ſe fait préciſement ſur la retine de l'œil le plus convexe, l'œil qui l'eſt le moins les réunira plus loin & hors du globe : ſi le point radiant s'éloigne de cet œil, le point de concours s'approchera & enfin il ſe fera ſur la retine ; d'où il ſuit que la raiſon pourquoi certaines vûes voyent les objets proches confuſement, & les éloignés diſtinctement ; eſt que l'œil ayant peu de convexité peut réunir à une petite diſtance, c'eſt-à-dire ſur la retine les rayons qui viennent d'un point fort éloigné, & que cette convexité eſt inſuffiſante lorſque le point radiant eſt trop proche : or un verre convexe remedie à ce défaut, & ſupplée à ce qui manque à l'œil dans cette occaſion ; par conſéquent ceux qui voient les objets proches confuſement & les éloignés diſtinctement, & que l'on appelle *presbites*, ſont aidés dans la vûe par les verres convexes. De même ſi un point radiant eſt ſuffiſamment éloigné d'un œil dont la convexité eſt moindre, pour que la réunion des rayons ſe faſſe ſur la retine, il ſera trop eloigné pour un œil plus convexe, car la réunion des rayons rompus ſe faiſant à une moindre diſtance, le point de concours ſera entre la retine & le criſtallin : mais ſi le point radiant s'approche de cet œil, le point de concours s'éloignera & il parviendra à la retine, donc la raiſon pourquoi certaines vûes voient les objets proches diſtinctement, & les éloignés confuſement, eſt que les rayons qui viennent d'un point peu éloigné ont beſoin d'une plus grande réfraction ou d'un plus grand détour, pour que la réunion s'en faſſe ſur la retine à quoi la plus grande convexité de l'œil eſt propre ; mais cette convexité eſt trop grande pour les rayons peu divergens qui viennent d'un point éloigné : or un verre concave obvie au trop grand éloignement de l'objet, en ce que rendant les rayons qui en viennent plus divergens, il rapproche pour ainſi dire le point radiant, & éloigne le point de concours, enſorte qu'il peut ſe faire


60
61.
62
63
64.
65.
66.
67.
68.
69.
70.
71.
72.
73.
74
75.
76.
77.
78.
79.
80.
81.
82.
83.
84.
85.
86.
87.
88.
89.
90.

ſur la retine ; par conſéquent ceux qui voient les objets éloignés confuſement & qu'on appelle *myopes* ſont aidés dans la vûe par les verres concaves.

*Des Teleſcopes.*

81. Les teleſcopes ſont des inſtrumens de dioptrique compoſés de deux, de trois & de quatre verres ſpheriques, mais plus ordinairement de deux ou de quatre verres. On les appelle auſſi lunettes d'approche & de longue vûe, parce qu'avec leur ſecours on découvre des objets éloignés qu'on n'appercevroit point à la ſimple vûe, & qu'on voit diſtinctement ceux qui à cauſe de leur trop grande diſtance paroîtroient confus. Non-ſeulement les lunettes de longue vûe font voir diſtinctement les objets vers leſquels on les dirige, elles les groſſiſſent auſſi, & c'eſt pour cela qu'on dit qu'elles approchent, parce qu'un objet qui paroît plus grand ſemble s'être approché. L'invention des teleſcopes eſt fort recente, M. Huygens la met vers le commencement du dix-ſeptiéme ſiécle. C'eſt plus le haſard qui a fait trouver qu'on pouvoit aſſembler pluſieurs verres pour aider la vûe, qu'une application méditée des regles de la Dioptrique qu'on connoiſſoit long-tems auparavant. Le premier teleſcope a été compoſé d'un verre convexe & d'un concave. Galilée s'en eſt ſervi pour obſerver dans le Ciel, où il a découvert par ſon moyen pluſieurs nouveautés. On s'apperçut dans la ſuite que le teleſcope à deux verres convexes réuſſiſſoit mieux dans les obſervations aſtronomiques que le précédent, qui ne laiſſe voir qu'un petit champ ou qu'une partie de l'objet, lorſque l'angle viſuel eſt un peu grand. Il eſt vrai qu'il renverſe les objets, mais ce n'eſt pas un inconvénient conſidérable, parce que les aſtres paroiſſent ronds en tout ſens. Comme on ne s'en ſert gueres que pour obſerver les aſtres, il a conſervé le nom de teleſcope Aſtronomique, & le teleſcope a deux verres l'un convexe & l'autre concave a été nommé la lunette d'Hollande. Comme le champ qu'on peut voir avec cette lunette eſt petit, & que la lunette a deux verres convexes

renverſe les objets, on a compoſé une lunette de quatre verres convexes pour les objets terreſtres leſquels elle fait paroître droits. La lunette à trois verres peut avoir le même effet, mais elle a des défauts qui la font négliger, comme, par exemple, d'être ſujette à faire voir du rouge vers les bords des verres. Cette couleur étant la plus vive de toutes trouble plus que toutes les autres la viſion, & dérange conſidérablement les fonctions des rayons, qui ſe réfractent dans l'étendue qu'elle occupe ſur les verres.

82. Le premier verre d'un teleſcope, ſçavoir, celui qui eſt tourné vers l'objet eſt appellé l'objectif, & les autres quel qu'en ſoit le nombre ſont appellés oculaires. L'objectif eſt un verre lenticulaire peu convexe,& qui a ſon foyer à une diſtance pluſieurs fois plus grande que n'eſt la diſtance du foyer d'un oculaire ; ſon principal effet eſt d'amaſſer beaucoup de lumiere. Suppoſons qu'un verre objectif ait 6 pouces d'ouverture ou 72 lignes, & que le diamétre de la prunelle ſoit de 2 lignes, les diamétres ſeront comme 36 & 1, & leurs quarrés comme 1296 & 1. Donc ſi on expoſe ce verre à la lumiere d'un objet, il en recevra 1296 fois d'avantage qu'il n'en paſſe par la prunelle, car les quantités de lumiere qui paſſent par deux ouvertures circulaires ſont comme ces ouvertures, & les ouvertures comme les quarrés des diamétres ; or la lumiere qui traverſe l'objectif ſuppoſé s'amaſſe au foyer, & delà elle tombe ſur l'oculaire qu'elle traverſe, & en ſortant elle pénétre dans l'œil ; de ſorte que ſi toute la lumiere réfractée par l'objectif ſuppoſé paſſoit dans l'œil, elle ſeroit 1296 fois plus forte ou plus vive que ce que l'œil en recevroit s'il regardoit l'objet directement & ſans l'interpoſition des verres. Il eſt vrai qu'il y a une perte conſidérable, ſoit parce que la lumiere ſe reflêchit en partie toutes les fois qu'elle pénétre un nouveau milieu, & dans le milieu même lorſqu'elle y eſt entrée ; ſoit encore parce que la prunelle a toujours moins d'ouverture que l'oculaire : cependant il eſt vrai de dire que ſi toute la lumiere que l'objectif reçoit de l'objet ne paſſe point dans l'œil,

ni même la plus grande partie, il y en passe néanmoins beaucoup plus que sans le secours des verres, ce qui est nécessaire pour voir distinctement les objets éloignés, car s'ils paroissent confus, c'est parce que la lumiere directe qui en vient n'agit que foiblement sur l'organe ; & s'il y en a qui disparoissent entierement, ce n'est point tant leur petitesse apparente qui les dérobe à la vûe, que le défaut ou le manque de lumiere ; le peu qui en vient n'ayant point une force suffisante pour se faire sentir : or lorsqu'à l'aide d'un telescope on découvre de tels objets & qu'on les voit distinctement, c'est à la faveur de la quantité de lumiere que l'objectif amasse : on verra bientôt que l'on employe l'oculaire pour augmenter l'angle visuel, & grossir par conséquent les objets. Car comme les surfaces spheriques qui le terminent sont décrites avec un demi diamétre fort petit & que le foyer en est très-proche, les réfractions y sont grandes, ce qui produit une augmentation dans l'angle visuel.

83. On est assuré par l'expérience qu'un objet fort éloigné & que l'on peut regarder comme à une distance infinie par rapport au diamétre de la prunelle, peut être apperçu distinctement à la simple vûe : or les rayons qui viennent d'un point radiant d'un tel objet sont sensiblement paralleles, & leur divergence est comme nulle : d'où l'on peut conclure que des rayons paralleles qui pénétrent les trois humeurs de l'œil peignent sur la retine des images distinctes, & qu'ils font voir les objets distinctement. On supposera donc avec fondement que si des rayons venant d'un point radiant qui est à une grande distance tombent sur l'objectif d'un telescope, & sortent ensuite du dernier oculaire paralleles entr'eux après s'être diversement rompu en traversant les verres qu'ils y ont rencontré ont une disposition suffisante pour que la vision soit distincte : c'est par rapport à cette disposition des rayons à leur sortie du telescope qu'on déterminera la situation des oculaires. A l'égard des myopes qui ont besoin que les rayons tombent sur la prunelle avec une certaine divergence, & les pres-

bites dont la vûe demande qu'ils soient déja un peu convergens, ils auront ce qui leur est nécessaire en faisant un petit changement au dernier oculaire.

84. On ne dira rien du tuyau où l'on place les verres du telescope, on remarquera seulement qu'on le noircit en dedans, de peur que les rayons qui se rompent irrégulierement venant à tomber sur les parois intérieures ne troublent en se refléchissant les fonctions des autres rayons: or le noir absorbe comme on sçait la plus grande partie de la lumiere lorsqu'il se rencontre dans son cours. Un autre usage du tuyau c'est d'écarter la lumiere du dehors, afin qu'il n'y ait que celle qui vient des objetrs vers lesquels on dirige le telescope qui ait la liberté d'émouvoir l'organe. Tout ce qu'on va dire de la construction des telescopes se réduit donc à déterminer dans quelles distances les verres doivent être placés les uns par rapport aux autres en supposant que leurs axes sont tous sur une même ligne droite.

*Le Telescope à deux verres, l'un convexe & l'autre concave.* (*Fig.* 92.)

85. Ce telescope, qui est le plus ancien, a été nommé la lunette d'Hollande, parce que c'est en Hollande qu'il a d'abord paru avec éclat. Sa construction est très-simple. On retranche de la longueur ou distance MF du foyer F de l'objectif L, la distance FO égale au foyer négatif *f*O de l'oculaire NI, le reste est donc MO. On place l'oculaire à l'extrémité inférieure O de ce reste, & les deux verres sont disposés comme ils doivent être pour faire voir les objets éloignés droits, & augmentés dans la raison des distances MF, O*f* des foyers des deux verres, ensorte que si la distance MF contient 20 fois la distance O*f*, l'objet paroîtra 20 fois plus grand.

86. Supposons que BMO est un rayon de lumiere qui vient du milieu d'un objet fort éloigné, lequel étant perpendiculaire aux deux verres les traverse sans se rompre, il représentera leur axe commun; & parce que l'objet est

ſuppoſé à une grande diſtance, les rayons qui viennent de chaque point radiant ſeront paralleles entr'eux ; donc ceux qui viennent du milieu de l'objet ſeront paralleles au rayon BMO qui en vient auſſi ; donc ces rayons après avoir traverſé l'objectif tendront à ſon foyer F. ( V. n. 41. 45.) Les rayons qui viennent des autres points radians de l'objet ſeront auſſi paralleles entr'eux, & à la ſortie de l'objectif ils tendront vers leurs points reſpectifs autant diſtans de l'oculaire que l'eſt le foyer F des paralleles à l'axe ; ( V. n. 57. ) & ſans l'interpoſition de l'oculaire, tous ces points de concours formeroient vers *n*F une image diſtante de l'objectif de la longueur MF. Mais puiſque ce verre en empêche la formation, & que d'ailleurs les rayons qui viennent de chaque point radiant tendent à un point autant diſtant que l'eſt le foyer F, il s'enſuit qu'après qu'ils auront traverſé l'oculaire, ils ſeront en rentrant dans l'air paralleles entr'eux, comme ils l'étoient avant qu'ils rencontraſſent l'objectif; ( V. n. 49. ) par conſéquent ils auront entr'eux la diſpoſition requiſe pour que la viſion ſoit diſtincte.

87. Secondement l'objet paroîtra droit. Suppoſons que SAD eſt un rayon qui vient du côté gauche, & qu'il rencontre l'axe au point A autant diſtant de l'objectif que l'eſt le foyer F, enſorte que AD ou AM ſoit égale à MF, l'incidence de ce rayon ſur l'objectif étant au point D, il en ſortira parallele à l'axe BMO, ( V. n. 52. ) & rencontrant l'oculaire NI au point N, il en ſortira en prenant ſon cours vers NG, de telle ſorte que ſon prolongement paſſera par le foyer négatif *f*. ( V. n. 41. 45. ) Les autres rayons qui viennent du côté gauche de l'objet, & du même point ſortiront de l'oculaire paralleles à NG ; & ceux qui entreront dans l'œil feront leur impreſſion comme venant du côté gauche, puiſqu'ils tendent tous de la gauche vers la droite ; par conſéquent la réfraction ne changera point la ſituation apparente de l'objet, donc il paroîtra droit.

88. En troiſiéme lieu ſuppoſons que IF parallele à NG

eſt un rayon rompu dont l'incident vient du côté gauche de même que le rayon SAD. Après avoir traverſé l'objectif il tendra au foyer & ſans l'oculaire il iroit couper le rayon DN*n* en un point *n*, autant diſtant du verre que l'eſt le point F : mais à la rencontre de l'oculaire il ſe plie & devient parallele à NG. Suppoſons que dans cette ſituation il rencontre l'axe au point F où l'œil eſt placé, il eſt clair que l'angle OFI compris entre l'axe & le rayon rompu IF détermine la moitié de la grandeur apparente de l'objet, puiſque ſon milieu eſt vû au moyen du rayon BME, & que l'extrémité qui eſt du côté gauche paroît au moyen du rayon rompu IF : or l'angle OFI eſt égal à ſon alterne O*f*N, donc l'angle O*f*N meſure auſſi la moitié de la grandeur apparente. Cela poſé, ſoit que l'œil voye la moitié de l'objet à la vûe ſimple en reſtant au point F, ſoit qu'il ſe tranſporte au point A, elle paroîtra de la même grandeur dans ces deux ſtations. Car la diſtance FA étant tout au plus de quelques pieds eſt comme nulle par rapport à la grande diſtance de l'objet ; or ſi l'œil étoit en A, il verroit la moitié de l'objet ſous l'angle BAS ; donc la demie grandeur véritable que l'œil apperçoit à la vûe ſimple eſt meſurée par l'angle BAS ou ſon oppoſé DAM. Cela étant, ſi on prend OC égale à MF, & que l'on tire NC, le quadrilatere DACN ſera un parallelogramme, car MF & MA ſont égales par la ſuppoſition, de même que OF & MC, donc ſi on retranche ces dernieres des premieres MO ſera auſſi égale à CA : or DN=MO ; donc DN=CA; de plus CN étant égale à MF ou à MA, & DA à MA, il s'enſuit que CN=AD. Donc DACN eſt un parellelogramme ; ( 2. Géom. ) par conſéquent l'angle OCN ſera égal à l'angle DAM, ( 27. Géom. ) donc il meſurera la demie grandeur véritable de l'objet. Donc cette grandeur ſera à la grandeur apparente comme l'angle OCN du triangle *f*CN eſt à l'angle O*f*N, donc ces deux grandeurs ſeront entr'elles comme les côtés N*f* NC du même triangle ; ( ſuppoſi. 2. n. 31. ) ainſi la grandeur apparente eſt à la véritable, comme la diſtance NC ou MF du

foyer de l'objectif est à la distance N*f* ou O*f* du foyer négatif de l'oculaire.

89. On a supposé que l'œil est au point F, mais il n'importe en quel point de la partie OF de l'axe il se trouve. Car les rayons rompus paralleles à NG occupant tout l'espace qui est entre NG & IF, & étant tous également inclinés à l'axe, il verra toujours le côté gauche de l'objet, & la grandeur apparente n'en sera pas changée, parce que tous ces rayons qui viennent de l'extrémité gauche de l'objet font le même angle avec l'axe.

90. Il est aisé de juger que l'oculaire doit avoir peu d'ouverture, elle doit être moindre que n'est l'ouverture de la prunelle. Car comme les rayons paralleles à l'axe tels que DN sortent faisant un angle O*f*N qui a pour base la moitié de l'ouverture de l'oculaire, c'est-à-dire qu'ils sortent divergens du même axe, il s'ensuit que la prunelle qui est en dehors doit avoir une ouverture plus grande que l'oculaire, autrement il y auroit beaucoup de lumiere perdue. Supposons que la prunelle a deux lignes d'ouverture, & que NI est de 1 ligne & demie, & que le côté NC du triangle CNO est de 12 pouces ou de 144 lignes; on trouvera que l'angle OCN de la demie grandeur véritable n'est que de 18 minutes, donc l'angle de la grandeur entiere sera de 36′: ainsi cette lunette ayant seulement une longueur de 11 ou de 12 pouces ne laisse voir qu'un champ d'une étendue de 36′: si on lui donne une plus grande longueur, l'ouverture de l'oculaire demeurant la même, ou moindre que n'est l'ouverture de la prunelle, le champ deviendra encore plus petit. D'où l'on voit que cette lunette doit être fort courte pour être de quelque service.

### *Le Telescope Astronomique ou à deux verres convexes.* (*Fig.* 93.)

91. Pour construire ce telescope on ajoute à la distance MF du foyer F de l'objectif L une longueur FO, égale à la distance O*f* du foyer de l'oculaire NI; & la

diſtance MFO compoſée des deux détermine la diſtance de l'oculaire : c'eſt pourquoi ſi les axes des deux verres ſont ſur la même ligne MO*f*, le teleſcope ſera conſtruit. Il fait voir les objets renverſés, & les augmente dans la raiſon de la diſtance du foyer de l'objectif à celle du foyer de l'oculaire ; c'eſt-à-dire dans le rapport de MF à FO. Suppoſons en premier lieu que BMO*f* eſt un rayon qui venant du milieu d'un objet fort éloigné traverſe les deux verres ſans ſe rompre, il repréſentera l'axe commun ; & parce que la diſtance eſt ſuppoſée comme infinie par rapport à l'ouverture de l'objectif & de la prunelle, les rayons qui viendront d'un même point radiant ſeront paralleles ; ceux qui viennent du milieu de l'objet ſeront paralleles à l'axe, & après avoir traverſé l'objectif ils iront concourir au foyer F ; ( V. n. 41. 45. ) de même ceux qui viennent du côté gauche, tels que SD, SV iront auſſi concourir en un point H autant diſtant du verre que l'eſt le
51 foyer F des paralleles à l'axe : ( V. n. ~~41. 45.~~ ) ainſi chaque point radiant de l'objet ſera peint en FH par les rayons qui en partent, & qui après s'être rompu deux fois en traverſant l'objectif vont ſe réunir en un point entre F & H ; donc l'objet vers lequel on a dirigé le teleſcope ſe peindra en FH. Or puiſque les rayons qui viennent d'un point radiant de l'objet ſont rendus convergens par la réfraction vers quelqu'un des points de l'image FH, ils ſeront enſuite divergens du même point ; par exemple, les rayons rompus VH DH qui répondent aux incidens SV SD après avoir concouru au point H, ſeront enſuite divergens de ce point, & rencontreront dans cette diſpoſition l'oculaire NI aux points NC ; il en ſera de même des rayons rompus dont les incidens ſont paralleles à l'axe. Or on a ſuppoſé que l'oculaire NI eſt autant diſtant du foyer F qu'il l'eſt de ſon propre foyer *f*, donc les rayons qui divergent du point F ſortiront de l'oculaire paralleles entr'eux ; ( V. n. 52. ) ce ſera la même choſe pour les rayons HN, HC qui partent du point H ; donc les rayons qui viennent d'un même point de l'objet entreront auſſi

dans l'œil étant paralleles entr'eux ; par conſéquent la viſion ſera diſtincte.

92. En ſecond lieu. Suppoſons qu'entre les rayons qui partent du côté gauche S de l'objet il y en a un tel que SAD qui rencontre l'axe au point A autant diſtant de l'objectif que l'eſt le foyer F, il eſt certain qu'il ſortira de de ce verre parallele à l'axe, ( V. n. 52.) & qu'après avoir concouru au point H avec le rayon rompu VH, & avoir traverſé l'un & l'autre l'oculaire, ils entreront dans l'air paralleles entr'eux, & néanmoins inclinés à l'axe vers le foyer *f*, car la double réfraction que ſouffrent les rayons incidens HN HC, & les autres qui partent du point H les détermine à prendre leur cours vers le foyer *f*; donc les rayons qui viennent du côté gauche de l'objet entreront dans l'œil & y feront impreſſion comme venant du côté droit ; donc l'œil verra le côté gauche de l'objet à la droite de l'axe ; donc l'objet paroîtra renverſé.

93. Suppoſons en troiſieme lieu, que l'œil eſt ſur l'axe entre les points O*f*. Tous les rayons qui partent du point H ſortant de l'oculaire paralleles entr'eux feront également inclinés à l'axe. Cela étant, un de ces rayon tel que N*f* rencontrera l'axe au foyer *f*, ſi l'incident HC eſt parallele à l'axe ; & tous les autres rayons paralleles à N*f* feront avec le même axe des angles égaux à l'angle O*f*N : or les rayons paralleles à N*f* font voir le côté gauche de l'objet & le rayon BMO*f* en rend le milieu viſible ; donc l'œil placé entre les points O *f* voit la moitié de l'objet ſous un angle égal à l'angle O*f*N. Si on tire HO, le quadrilatere HO*f*N ſera un parallelogramme, puiſque tous les côtés ſont égaux ; ( 2. Géom. ) donc l'angle HOM ſera égal à l'angle O*f*N, ( 27. Géom. ) par conſéquent l'angle HOM meſurera la moitié de la grandeur apparente de l'objet. Si l'œil étoit au point A, il verroit la moitié de l'objet ſous l'angle BAS ou DAM ; ainſi cet angle eſt la meſure de la moitié de la grandeur véritable : & ſi on tire HM, le quadrilatere AMHD étant un parallelogramme, puiſque les quatre côtés ſont égaux

HN

entr'eux, l'angle OMH sera égal à l'angle DAM; (27. Géom.) donc l'angle OMH mesurera la moitié de la grandeur véritable; donc la grandeur apparente sera à la grandeur véritable comme l'angle HOM est à l'angle OMH; c'est-à-dire comme HM ou FM est à HO ou FO: (Suppos. 2. n. 31.) ainsi ces grandeurs sont entr'elles comme les distances des verres à leurs foyers.

*La Lunette à quatre verres convexes.* (*Fig.* 94.)

94. Cette lunette a deux oculaires de plus que la précédente, ils servent à redresser les objets lesquels paroissent renversés lorsqu'on les regarde à travers les verres du telescope Astronomique. On supposera que les oculaires sont tous également convexes ou qu'ils portent tous leur foyer à la même distance. On place d'abord le premier oculaire ou le plus proche de l'objectif, comme il a été dit du telescope précedent; on place le second oculaire de façon qu'il soit distant du foyer du premier oculaire d'une longueur égale à la distance de son propre foyer; on place aussi le troisiéme oculaire de maniere qu'il soit éloigné du foyer du second oculaire ou qui le précéde, d'une longneur égale à la distance de son propre foyer; & parce que l'on suppose que les foyers sont également distans de leurs oculaires, le foyer de l'un sera au milieu de l'intervalle qui le sépare de l'oculaire suivant: ainsi le foyer P du premier oculaire est au milieu de l'intervalle KR qui le sépare du second; & le foyer T du second est au milieu de l'intervalle OK qui le sépare du troisiéme. Cela posé.

95. Il est clair après ce qui a été dit du telescope précédent qu'il se formera une image au foyer de l'objectif, & que la lumiere divergeant des différens points de l'image FH, les rayons qui partiront d'un même point tels que HE, HI sortiront du premier oculaire paralleles entr'eux, & que rencontrant dans cette disposition le second oculaire, ils iront concourir en un point L autant distant de ce verre que l'est le foyer T des rayons paralleles à l'axe, & y formeront par conséquent une seconde image TL: la

lumiere divergera une seconde fois des différens points de cette image, & les rayons qui viendront d'un même point, par exemple, du point L après avoir traversé le troisiéme oculaire sortiront paralleles entr'eux; par conséquent ils auront la disposition qu'il faut pour que la vision soit distincte.

96. Il est clair en second lieu que les rayons qui viennent du côté droit de l'objet après avoir concouru en H du côté gauche, & avoir traversé le premier oculaire d'où ils sortent paralleles entr'eux, ils passent à la droite de l'axe, puisqu'ils prennent leur cours vers le foyer P, comme il a déja été dit; & parce qu'il y en a un qui passe par ce foyer, il s'ensuit qu'il sortira du second oculaire parallele à l'axe & ira suivant GLN; & parce que les rayons paralleles entr'eux doivent après la double réfraction concourir en un point autant distant du verre que l'est le foyer T des paralleles à l'axe, il s'ensuit que le point de concours des rayons paralleles à EG se fera sur GLN au point L qui est à la droite de l'axe, & à la même distance que le foyer T. Les rayons de la lumiere divergent ensuite des points de la seconde image; ceux qui partent d'un même point, tels sont les rayons LN LC sortiront du troisiéme oculaire non-seulement paralleles entr'eux, comme il a été dit, mais ils prendront leur cours vers le foyer $f$ de ce dernier oculaire; par conséquent ils entreront dans l'œil comme venant de la droite vers la gauche, donc le côté droit de l'objet que ces rayons rendent visible paroîtra à la droite de l'axe; & par conséquent l'objet sera droit.

97. En troisiéme lieu en quelque endroit de l'intervalle $f$O que l'œil soit placé, il verra la moitié de l'objet sous un angle égal à l'angle O$f$N, puisque tous les rayons qui viennent du côté droit S sortent paralleles à N$f$ & font avec l'axe des angles égaux à O$f$N, & que d'ailleurs le rayon BO$f$ rend visible le milieu de l'objet: de plus l'angle O$f$N est égal à l'angle EPR. Car les rayons incidens HE, LN étant paralleles à l'axe, les rayons rompus E P N$f$ doivent être également inclinés

au même axe, puisque les oculaires ont la même grandeur, la même convexité, & la même distance de foyer, & que d'ailleurs les rayons rompus EP, N$f$ passent par les foyers P. $f$: or on a vû en parlant du telescope Astronomique, que l'angle EPR est égal à l'angle HRM; & si on tire HM le parallelogramme AMHD donne l'angle HMR égal à l'angle DAM ou à BAS lequel mesure la moitié de la grandeur véritable; par conséquent la grandeur apparente est à la véritable comme l'angle HRM est à l'angle HMR, ou comme HM à HR (Supp. 2. n. 31.) ou comme FM à FR, c'est-à-dire comme la distance du foyer de l'objectif est à la distance du foyer d'un des oculaires.

Si les oculaires étoient de différentes convexités le rapport de la grandeur apparente à la véritable seroit plus grand ou moindre de quelque chose que celui qu'on vient de déterminer, selon que ces oculaires seroient combinés.

98. On a supposé dans la construction des telescopes que si les rayons qui viennent d'un point radiant sortent du dernier oculaire paralleles entr'eux, l'œil qui les reçoit dans cette disposition voit distinctement l'objet, si néanmoins ceux qui ont la vûe courte avoient besoin que de tels rayons sortissent divergens, il faudroit déranger tant soit peu le dernier oculaire en le rapprochant de l'objectif, à quoi on parvient en poussant quelque peu vers le dedans le tuyau qui le porte. En dérangeant ainsi l'oculaire, s'il est concave, les rayons qui tendoient auparavant à son foyer seront convergens vers un point qui sera plus éloigné que le foyer; par conséquent les rayons rompus seront divergens. Et si l'oculaire est convexe les points de divergence des rayons incidens seront plus proches de l'oculaire que n'est le foyer, donc les rayons rompus seront aussi divergens. Si au contraire ceux qui ont la vûe longue ont besoin que les rayons qui partent d'un même point sortent de l'oculaire un peu convergens, il faudra tirer quelque peu en dehors le tuyau, & éloignant de la sorte l'oculaire de l'objectif les rayons sortiront conver-

gens : car ſi l'oculaire eſt concave, on le rapprochera du foyer de l'objectif ; par conſéquent les rayons tendront à un point qui ſera plus prés de l'oculaire que n'eſt ſon propre foyer ; par conſéquent les rayons rompus en ſortiront encore convergens, quoique ce verre les écarte. Et ſi l'oculaire eſt convexe, les points de divergence des rayons incidens ſeront plus éloignés du verre que n'eſt ſon propre foyer ; par conſéquent les rayons rompus ſeront auſſi convergens, On peut voir là deſſus les nombres 50, 52, de l'article V., & l'on aura une preuve de ce qui vient d'être dit.

## *Les Microſcopes.*

99. Les teleſcopes approchent les objets éloignés en les groſſiſſant, & les microſcopes groſſiſſent les objets fort proches en les éloignant : le trop d'éloignement & le trop de proximité ſont également nuiſibles à la claire viſion, & l'œil ſe trouve autant fatigué de regarder un objet qui ſe perd, pour ainſi dire dans un grand éloignement, que d'en regarder un très-petit, lorſque pour le voir diſtinctement, on croit bien faire de l'approcher & de le mettre à une diſtance proportionnée à ſa petiteſſe. Les microſcopes ſont ſimples ou compoſés. Les microſcopes ſimples ſont des verres lenticulaires fort convexes & d'un très-court foyer. Les petites boules de verre qui ne ſont pas plus groſſes que la tête d'une épeingle fine ſont d'excellens microſcopes, lorſqu'elles ſont bien arrondies. On les appelle Engyſcopes. La façon ordinaire de les préparer c'eſt de mouiller la pointe d'une aiguille ou d'un fil de fer délié, & de lui faire toucher des particules de verre aſſez petites pour qu'elles s'attachent, & aſſez minces pour qu'elles ſe puiſſent fondre promptement : on les porte dans la partie bleue de la flamme d'une lampe, & la chaleur les fondant, elles s'arrondiſſent d'elles-mêmes. On plie enſuite une lame de laton très-mince qu'on perce des deux côtés d'un trou plus petit que n'eſt le globule de verre qu'on place entre les deux trous. Les microſcopes tant

ſimples que composés ſont encore plus recens que les teleſcopes, ſuivant la remarque qu'en fait M. Huygens.

*Le Microſcopes ſimples.* ( *Fig.* 95. )

100. On a prouvé en ( V. n. 69. ) parlant des lunettes ſimples, que ſi l'œil touche au verre lenticulaire la grandeur apparente eſt la même que la grandeur véritable, ou ce qui eſt la même choſe, que les angles qui les meſurent ſe confondent en un ſeul & même angle; donc ſi l'œil touche à une lentille de verre, telle que MN, & qu'il s'y applique au point O de l'axe LOF, il verra l'objet BS ſous le même angle qu'il le verroit à la vûe ſimple. Suppoſons que cet objet eſt autant diſtant de la lentille que l'eſt le foyer F, le rayon DI qui eſt ſur l'axe LF traverſera le verre ſans ſe rompre; mais les autres rayons qui viennent du même point, après la double réfraction ſortiront paralleles à LF: de même ceux qui viennent d'une des extrémités B ou S ſortiront auſſi paralleles entr'eux, & feront avec l'axe LF les mêmes angles que font les rayons incidens BEO, SHO qui ſont les axes des cones de lumiere qui ont leurs ſommets aux points radians. Cela eſt évident, puiſque l'œil en O voit à travers le verre l'objet BS ſous l'angle BOS, ſous lequel il le verroit à la vûe ſimple, & que d'ailleurs les rayons qui partent du point B ou du point S ſortent paralleles entr'eux; d'où il ſuit que ſi l'œil s'éloigne & qu'il ſe place entre le foyer & le verre, ou bien au foyer, il verra toujours l'objet BS ſous un angle égal à l'angle BOS, ou la moitié BD ſous un angle égal à BOD, car il verra le milieu D au moyen du rayon DF & le point B au moyen de rayons paralleles à BEO. Par conſéquent ſi le microſcope ſimple groſſit les objets, ce n'eſt point qu'il les faſſe voir ſous un plus grand angle qu'ils ne ſont apperçus à la vûe ſimple. Il faut donc chercher une autre raiſon de l'ampliation ou de l'augmentation apparente.

101. L'expérience démontre que ſi on approche trop de l'œil un petit objet, on le voit confuſement, & que

la confusion augmente d'autant plus qu'il en est plus proche ; de telle sorte qu'enfin on le perd de vûe. Si au contraire on l'éloigne la vision commence à devenir plus claire & plus distincte ; & la confusion ne cesse entierement que lorsqu'il est à une certaine distance, M. Huygens la fixe à 8 pouces ; ainsi suivant cette détermination on ne voit un petit objet clairement & distinctement que lorsqu'il est à 8 pouces de distance de l'œil. Supposons qu'à cette distance il soutende un angle d'une minute, s'il s'approche de l'œil l'angle visuel augmentera, & d'autant plus qu'il s'approchera d'avantage ; ensorte que si le petit objet se trouve seulement à une distance 60 fois moindre que 8 pouces, l'angle visuel sera 60 fois plus grand, c'est-à-dire qu'il sera d'un degré entier, mais en même tems la vision en sera d'autant plus confuse : or qu'est-ce que fait le microscope simple, il ôte la confusion & laisse la grandeur de l'angle. 1°. Il ôte la confusion, car le petit objet étant mis au foyer de la lentille les rayons qui partent d'un point radiant en sortent paralleles : or cette disposition est parfaitement d'accord avec une vûe ordinaire & commune, & suffit pleinement du côté de la lumiere pour procurer une vision claire & distincte. 2°. Le microscope laisse la grandeur de l'angle, comme il vient d'être prouvé. Car soit que l'œil touche au verre, soit qu'il s'en éloigne quelque peu, l'objet paroît sous le même angle que s'il étoit apperçu à la vûe simple. L'effet du microscope lenticulaire simple consiste donc en ce qu'un objet qui seroit tout brouillé & confus à cause de sa trop grande proximité de l'œil paroît néanmoins à cette petite distance avec autant de clarté & de nettete que s'il étoit porté à la distance de 8 pouces où la vision est suffisamment claire & distincte, & parce qu'en accourcissant cette distance ou en approchant le petit objet de l'œil on augmente l'angle visuel, il s'ensuit qu'il paroîtra d'autant plus grand que pour le voir distinctement il faudra diminuer la distance de 8 pouces ou l'approcher de la lentille & de l'œil. Il suit qu'un mi-

crofcope lenticulaire fimple groffit ou amplifie les petits objets à proportion que fon foyer eft plus court, ou qu'il le porte à une moindre diftance comparée à celle de 8 pouces. Car c'eft à la diftance du foyer qu'il faut placer les petits objets pour les voir diftinctement.

102. Un Engyfcope ou petite boule de verre fait l'effet d'un verre lenticulaire qui porteroit fon foyer à la diftance de $\frac{3}{4}$ du diamétre de la petite boule.

On a vû (V. n. 46.) que les rayons incidens BD (*Fig.* 74.) paralleles à l'axe ont leur point de concours au foyer F diftant du verre d'un quart du diamétre AI; c'eft pourquoi fi on place un petit objet BS autant diftant de la boule de verre que l'eft le foyer F, le rayon incident BD qui part de l'extrémité B & qui eft parallele à l'axe ACL, après s'être rompu au point d'incidence D, & au point O, prendra fon cours vers F, & fera avec l'axe l'angle CFO; & parce que l'objet BS eft autant éloigné de la petite fphere que l'eft le foyer F, il s'enfuit que les autres rayons incidens qui viennent du point B fortiront paralleles à FO; c'eft pourquoi fi l'œil fe trouve fur l'axe & dans le cours des rayons paralleles, il verra l'objet BS fous l'angle CFO, fçavoir, le point S au moyen du rayon SF, & le point B au moyen de quelqu'un des rayons paralleles à OF, lefquels font tous avec l'axe des angles égaux à CFO; de plus la vifion fera claire & nette, puifque les rayons qui partent d'un même point de l'objet fortent paralleles. Cela pofé.

103. Si du centre C de la fphere on tire CB & CO, les triangles BCD, CFO feront égaux en tout. Car les côtés CB & CF font égaux l'un & l'autre aux trois quarts du diamétre AI, BD & FO font égaux chacun au quart, & les côtés CD, CO égaux à la moitié du même diamétre; donc les côtés étant égaux, les angles oppofés font auffi égaux, donc l'angle CFO eft égal à l'angle CBD, lequel eft égal à fon alterne BCS; (27. Géom.) donc l'angle CFO eft égal à l'angle BCS. Cela étant imaginons que l'on ôte la petite fphere, & qu'on place au centre C une lentille dont le foyer foit en F, enforte qu'il foit

diſtant de la lentille de $\frac{3}{4}$ du diamétre AI, l'objet BS reſtant en place ſera autant diſtant que le foyer F, & ſoit que l'œil demeure au même point de l'axe, ſoit qu'il s'approche de lentille, il verra toujours l'objet BS ſous l'angle BCS, comme il a été prouvé; donc la lentille & la petite ſphere produiront préciſement le même effet, ſçavoir de faire voir diſtinctement l'objet BS ſous le même angle BCS ou CFO : or la lentille en C groſſit ou amplifie l'objet BS dans le rapport des 8 pouces à CB ou CS qui vaut trois quarts du diamétre AI, donc la petite ſphere l'amplifie auſſi dans le même rapport.

104. Quoiqu'une ſphere de verre ait le même effet qu'une lentille auſſi de verre qui a le foyer diſtant de $\frac{3}{4}$ de ſon diamétre, la lentille eſt néanmoins préſerable à la ſphere, en ce que ſon foyer étant trois fois plus éloigné de ſa ſurface il y a plus de commodité pour placer les tablettes ſur leſquelles on poſe les petits objets qu'on veut étudier, & plus de facilité de les mettre dans un jour ſuffiſant. Suppoſons qu'un microſcope ſpherique ait une ligne de diamétre, 8 pouces contenant 96 lignes, il groſſira dans le rapport de 96 à $\frac{3}{4}$, ou dans le rapport de 32 à $\frac{1}{4}$ en diviſant par 3, ou dans le rapport de 128 à 1 en multipliant par 4 : ſi le diamétre de la petite ſphere avoit moins d'une ligne le rapport de l'ampliation ſeroit encore plus grand.

*Les Microſcopes compoſés.* ( *Fig.* 96. )

105. Les microſcopes compoſés ont deux ou trois lentilles. Celle qui eſt tournée vers l'objet eſt appellée l'objectif ou la lentille objective, les autres ſont appellées oculaires de même que dans les teleſcopes. La lentille qu'on fait ſervir d'objectif eſt la plus convexe ou celle dont le foyer eſt à la moindre diſtance. On place l'objet BS à une plus grande diſtance que n'eſt le foyer F. Ainſi ſuppoſant que le point A eſt autant diſtant que le foyer F, l'objet BS eſt au-delà, de ſorte que dans ce microſcope les rayons qui viennent d'un point de l'axe ſortent de la petite lentile étant convergens au même axe. ( V. n. 52. )

Pour déterminer à quelle diſtance ſe fait le concours des rayons, on employe la proportion que donnent les triangles ſemblables AD*f*. ADG des fig. 75. 77. DA . DM :: DM . D*f*: c'eſt-à-dire que la diſtance de l'objet au verre eſt moyenne proportionnelle entre les diſtances du même objet au point A & au point de concours *f*, le point A étant ſuppoſé autant diſtant du verre que l'eſt le foyer F: ( V. n. 47. ) or puiſque les rayons qui partent du point D ſe réuniſſent au point *f*, les rayons qui viennent des autres points, par exemple, des extrémités BS concourront à la même diſtance, & les points HL de concours ſeront ſur les rayons SMH BML qui traverſent le verre comme s'ils ne ſe rompoient point, & qui ſont les axes des pyramides de lumiere qui ont leurs ſommets aux points radians S B. ( V. n. 55. 57. ) c'eſt pourquoi il ſe forme une image en H*f*L qui eſt renverſée, comme il paroît; puiſque les axes ſe croiſent dans l'épaiſſeur de la lentille objective. Le lieu de l'image étant ainſi déterminé, on place la lentille oculaire autant diſtante de l'image qu'elle l'eſt de ſon foyer, de ſorte que la lumiere divergeant des différens points de cette image, les rayons qui partent d'un même point ſortent paralleles de l'oculaire; c'eſt pourquoi ſi l'œil eſt ſur l'axe DMO au foyer O, ou entre ce foyer & la lentille, il verra clairement & diſtinctement l'objet BS au travers des deux verres, & ſi les rayons incidens HG, LC ſont paralleles à l'axe, les rayons rompus paſſeront par le foyer O, & parce que tous les rayons qui partent des points HL ſortent paralleles à GO, CO, il s'enſuit qu'en quelque endroit que l'œil ſe trouve ſur l'axe DMO, il verra l'objet ſous l'angle GOC, & la moitié ſous l'angle GOI ou COI.

106. Pour déterminer le rapport de la grandeur apparente à la véritable, il faut comparer l'angle COI avec l'angle ſous lequel l'œil verroit la moitié de l'objet BD s'il en étoit éloigné de 8 pouces. Car la moitié de la grandeur apparente eſt meſurée par l'angle COI, & l'objet BD ne paroît diſtinctement que lorſqu'il eſt à la diſtance-

ce de 8 pouces. Cela posé, si on prend DE égale à 8 pouces, & que l'on tire BE, l'angle BED mesurera la grandeur véritable; c'est là le plus grand angle que l'objet BD puisse soutendre en supposant qu'il est vû distinctement; car s'il étoit plus près de l'œil, la vision seroit confuse & d'autant plus confuse qu'il en seroit plus proche suivant l'observation de M. Huygens. Donc la grandeur apparente est à la véritable comme l'angle COI à l'angle BED: & supposant que l'œil est au point R où le rayon rompu NR, dont BMN est l'incident concourt avec l'axe, ce rapport sera égal à celui de l'angle IRN à l'angle BED; or ce rapport est composé, & pour le démontrer on supposera comme ci-devant que les angles sont dans la raison des côtés opposés, & pour le prouver on comparera les angles IRN BED à l'angle RMN ou à son égal BMD. Le triangle RMN donne d'abord cette proportion IRN. RMN ou BMD :: MN : RN. & le triangle BEM donne cette autre BMD . BED :: BE . BM (supposition 2. n. 31.) multipliant les termes de ces deux proportions, les antecedans avec les antecedans, & les conséquens avec les conséquens, & divisant ensuite les deux premiers produits par le multiplicateur commun BMD, on aura cette troisiéme proportion IRN . BED :: BE×MN BM×RN. C'est-à-dire que la grandeur apparente est à la véritable en raison composée des distances BE BM de l'objet au point E où l'œil le verroit distinctement & à l'objectif, & des distances MN, RN de l'oculaire à l'objectif & à l'œil supposé en R. D'où il suit que plus l'œil sera proche de l'oculaire plus le produit BM×RN sera petit, puisque le multiplicateur RN diminuera; donc le rapport de la grandeur apparente à la véritable augmentera, ainsi l'objet en paroîtra plus grand.

107. On a vû (art. V. n. 19.) que la lumiere qui vient d'un point de l'objet ne se réunit pas toute par la réfraction en un point, & que le foyer occupe sur l'axe une certaine longueur. Si on veut avoir le point R où elle s'amasse en plus grande abondance pour y placer l'œil,

O

on se servira des triangles semblables AD$f$ ADG de la fig. 75. & l'on fera cette proportion A$f$.AD : : AD.AG; c'est-à-dire, la distance de l'objet au point $f$ autant éloigné du verre que l'est le foyer F est à la distance de l'objet au verre, comme cette même distance est à la distance AG où la lumiere s'amasse en plus grande quantité, puisqu'à cette distance se trouve le concours des rayons qui sont fort près de l'axe. Cela posé, on a vû (Art. V. n. 55. 56. 57. 58. 59.) que toute la lumiere qui forme l'image HL est comprise entre les axes SMK BMN, lesquels se croisent au milieu de l'épaisseur de la lentille; & parce que non-seulement le rayon lineaire qui est sur l'axe DO passe par le point sensible M, mais encore touts les autres qui venant du point D sont fort près de cet axe; pareillement toute la lumiere qui coule le long des axes SMK BMN & le long de tous les autres axes tirés des autres points radiants passe aussi par le point sensible M: par conséquent le point M est celui par où il passe la plus grande quantité de lumiere, laquelle doit le plus contribuer à former l'image & à exciter la vision; donc on peut considérer la même lumiere comme divergeant du point M, & ce point comme un point radiant qui envoye de la lumiere sur la lentille KN. Cela étant, si le point $f$ est autant distant de cette lentille que l'est son propre foyer, on aura suivant la proportion que l'on vient de former sur la fig. 75. le point de concours de cette lumiere; par cette autre proportion M$f$. MN : : MN . MR. (*Fig.* 96.) Donc si on applique l'œil au point R trouvé par cette proportion il y recevra la plus grande quantité de lumiere.

108. Comme cette construction oblige de déterminer le lieu de l'image au cas qu'on ait pris à volonté la distance de l'objet à l'objectif, ou de trouver cette seconde distance supposé qu'on ait d'abord fixé celle de l'image, on se délivre de cette sujettion en ajoutant un second oculaire. Pour lors l'on pose l'objet à la distance du foyer de l'objectif, & les rayons qui viennent d'un point radiant sortent paralleles; on place ensuite le premier oculaire plus

ou moins proche de l'objectif, assez proche néanmoins pour qu'il puisse recevoir toute la lumiere refractée par l'objectif. Cette lumiere s'amasse au foyer de ce premier oculaire, & y forme une image dont le second oculaire est distant d'une longueur égale à la distance de son foyer, de sorte que les rayons qui partent d'un même point sortent paralleles. Le second oculaire auquel l'œil s'applique est plus convexe que le premier parce que c'est de sa convexité que dépend la grandeur de l'angle COI ou IRN qui mesure la moitié de la grandeur apparente.

*Des instrumens mixtes qui aident ou servent la vûe par refléxion & par refraction.*

109. On peut appeller ces instrumens catoptridioptriques, parce qu'on les dresse conformément aux regles de la catoptrique & de la dioptrique. Ils sont composés de miroirs & de verres spheriques, ainsi leurs effets sont fondés sur la refléxion & sur la refraction de la lumiere. On observera qu'en général les microscopes composés sont ornés d'un miroir qui reflechit de la lumiere sur les petits objets qu'on veut étudier, pour les éclairer d'avantage : si le miroir est plan il la reflechit d'abord sur un verre lenticulaire qui la refracte ensuite vers les petits objets : si le miroir est concave, il la renvoye immédiatement par refléxion sur les petits objets, parce qu'on les pose au foyer commun de la lentille objective & du miroir : soit que le microscope ait trois verres soit qu'il n'en porte que deux, on dispose le tout de façon que les petits objets soient justement au foyer du miroir. M. Huygens ajuste aussi aux lunettes à deux verres convexes un petit miroir plan qu'il incline à l'axe d'environ 45 degrés, & qui redresse les objets que cette lunette renverse. Car comme on dirige ordinairement une lunette vers des objets qui sont au-dessus de l'horison, le miroir se trouve quasi horisontal ; c'est pourquoi de même qu'il renverse ceux qui sont droits il redresse aussi ceux qui sont renversés. Mais tous ces instrumens peuvent absolument remplir leurs fonc-

tions ſans le ſecours de la lumiere refléchie, & les miroirs n'en ſont point une partie eſſentielle ; ainſi ils ne ſont point à proprement parler catoptridioptriques ; d'ailleurs chacun peut aiſement imaginer la ſituation qu'on donne à ces miroirs pour en tirer de l'avantage. Voici néanmoins un microſcope à refléxion, c'eſt celui que M. Decartes propoſe dans ſa dioptrique liv. 9, il peut plaire par ſa ſimplicité, & il remplit parfaitement le deſſein que l'on a d'éclairer abondamment les petits objets qu'on veut examiner, en ce que la lumiere tombe ſur le devant ou ſur la face qui eſt tournée vers l'œil & vers la lentille qui la doit refracter.

110. M. Decartes donne au petit verre qui doit refracter la lumiere la figure d'une hyperbole fort évaſée, mais ſans nous arrêter à cette particularité, & ſuppoſant qu'il eſt ſpherique, voici ce qu'il y a à obſerver par rapport à la refléxion. MI (*Fig.* 97.) eſt la ſection d'un miroir concave, je ſuppoſe qu'il eſt ſpherique, & que le centre eſt en C, donc les rayons qui viennent d'un point du Soleil étant paralleles entr'eux, la refléxion les fera concourir à la diſtance du quart du diamétre de la ſurface ſpherique : ainſi les rayons incidens GE GE paralleles à LO auront leur concours au foyer F, les autres points de concours ſe rangeront de part & d'autre de ce point, & il y aura une lumiere abondante en F ; c'eſt pourquoi ſi on y place un petit corps il la recevra toute ou en plus grande partie, & étant refléchie une ſeconde fois, elle tombera de-là ſur une lentille Z qui ferme la petite ouverture circulaire qu'on a pratiquée au milieu du miroir ; de ſorte que ſi le foyer de la lentille eſt autant diſtant que le foyer F du miroir, les rayons incidens après leur double refraction ſortiront paralleles ; donc l'œil placé en un point O de l'axe verra l'objet diſtinctement & augmenté dans le rapport de 8 pouces à FZ qui eſt le quart du diamétre de la ſurface ſpherique & en même tems la diſtance du foyer de la lentille. Si cette diſtance eſt de 3 lignes, l'augmentation ſera comme de 32 à 1. Car 8 eſt à $\frac{1}{4}$ com-

me 32 à 1. On peut juger de-là que ſi le microſcope groſſit conſidérablement, le miroir doit être d'un foyer fort court. M. l'Abbé Pluche nous apprend dans le cinquiéme volume du Spectacle de la Nature, que ce miroir a été perfectionné par M. Liberkun ſçavant Pruſſien: comme les corps blancs refléchiſſent la lumiere avec plus d'abondance que les corps de toute autre couleur, M. Decartes veut que le miroir de ſon microſcope ſoit d'une matiere blanche; c'eſt pour cette raiſon que le miroir du microſcope de M. Liberkun eſt d'argent; il place la lentille au fond le plus étroit d'un entonnoir d'argent qu'il ajuſte à l'ouverture du miroir, & l'œil s'applique au fond le plus évaſé, afin qu'il ne ſoit pas diſtrait par une lumiere étrangere. Dans le microſcope de M. Decartes tel qu'il eſt décrit dans ſa dioptrique, le foyer F étant un point unique, le miroir ne peut recevoir qu'une lentille d'un foyer déterminé, M. Liberkun approche plus ou moins les petits objets de ſon miroir, lequel peut ſervir à des lentilles de différentes convexités & de différens foyers & qui amplifient inégalement les petits objets.

*Le Teleſcope à refléxion.* (*Fig.* 98.)

111. TV eſt un tuyau de 12 pouces de longueur & de 2 pouces de diamétre dans ſon intérieur; mais cette ouverture eſt reſtrainte à l'entrée par un cercle à 20 lignes. Dans le fond du tuyau eſt un miroir MI concave de 9 pouces de foyer de 2 pouces de diamétre ou de largeur, ouvert par le milieu de 6 lignes; en AB eſt un autre miroir de 18 lignes de foyer & de 8 lignes de diamétre, il eſt ſoutenu en l'air au milieu du tuyau TV par un curſeur ED, au moyen duquel il peut s'approcher ou s'éloigner quelque peu du grand; ils ont leur foyer commun en F, ainſi ils ſont éloignés l'un de l'autre de 10 pouces $\frac{1}{2}$. En L près de l'ouverture du grand miroir & du fond du grand tuyau eſt un verre plan convexe de 3 pouces de foyer; en C eſt un autre verre convexe & concave, c'eſt-à-dire, meniſque de 10 lignes de foyer; il eſt diſtant du foyer f

du verre plan convexe d'une longueur égale à la distance de son propre foyer, c'est-à-dire de 10 lignes. Ces deux verres sont logés dans un tuyau HN emmanché dans le grand TV; ainsi le tuyau HN doit avoir 4 pouces de longueur y compris le petit intervalle qui est entre le verre C & l'œil O, l'instrument entier a donc 16 pouces de long.

112. Pour connoître l'effet de cet instrument il suffira de considérer les rayons qui viennent d'un point radiant fort éloigné, & que l'on peut regarder comme paralleles; leur progrés & leurs points de concours ou de divergence feront entendre ce qui arrive aux rayons qui partent des autres points radians de l'objet. On supposera donc que les rayons GI GM paralleles à l'axe KLO viennent du milieu de l'objet, & qu'ils tombent sur le grand miroir aux points MI. Suivant la loi de la refléxion ils retourneront en arriere le long des lignes MFB IFA; (art. IV. n. 21.) & après s'être croisés au foyer commun F des deux miroirs, ils rencontreront le petit aux points AB, d'où ils seront refléchis une seconde fois étant paralleles entr'eux & à l'axe, (art. IV. n. 48.) & rencontrant dans leur cours l'ouverture du miroir, ils entreront dans le tuyau HN & tomberont sur le premier oculaire L, & après la double refraction ils concourront au foyer *f*; (art. V. n. 41. 45.) & divergeant ensuite de ce point, ils rencontreront le second oculaire C, & en sortiront paralleles, (art. V. n. 52.) & l'œil les recevant dans cette disposition, ils auront ce qui est nécessaire de la part de la lumiere pour que le sentiment de la vision soit distinct & exempt de toute confusion.

113. Quant à l'augmentation apparente de l'objet, voici comme on peut la déterminer. Il faut rappeller ce qui a été dit de la refléxion de la lumiere à la rencontre d'un miroir spherique concave. 1°. La lumiere qui vient d'un point radiant fort éloigné, & que l'on peut regarder comme étant à une distance infinie est refléchie à la rencontre d'un miroir spherique concave de façon que les rayons

reflèchis ont leur point de concours diſtant du miroir d'un quart du diamétre de la ſurface ſpherique ; ce point a été appellé le foyer des rayons paralleles ; & parce que ce qui eſt vrai des rayons qui viennent d'un point radiant convient aux rayons qui partent des autres points d'un objet, il s'enſuit que l'aſſemblage de tous les points de concours des rayons reflèchis forme au foyer l'image de l'objet qui envoye de la lumiere ſur le miroir ſpherique concave. (art. IV. n. 21. 39.) Cette image eſt compriſe entre les rayons incidens qui venant des extrémités de l'objet paſſent par le centre de la ſurface ſpherique ; on les peut nommer les axes de la radiation des points extrémes, parce que paſſant par le centre ils ſont perpendiculaires à la ſurface ſpherique. (art. IV. n, 26. 38.) D'où il ſuit qu'un objet infinement éloigné qui envoye de la lumiere ſur un miroir ſpherique concave & l'image qu'il peint au foyer ſoutendent des angles égaux, puiſque ces angles ſont opposés au ſommet ; de plus l'image eſt renverſée. 2°. Si l'objet eſt au foyer du miroir ſpherique concave les rayons incidens qui partent d'un point ſont reflechis paralleles entr'eux. (art. IV. n. 48.) Cela poſé, les objets très-éloinés que l'on regarde avec le teleſcope à refléxion peignent leurs images renverſées au foyer F diſtant du miroir MI de 9 pouces, & elles ſoutendent des angles qui ont leur ſommet au centre de la ſurface ſpherique, & dont les côtés prolongés vont ſe terminer aux extrémités des mêmes objets : & parce que le foyer F eſt commun aux deux miroirs MI AB, il s'enſuit que ces images ſoutendent auſſi des angles dont le ſommet eſt au centre de la ſurface ſpherique AB : ainſi lorſqu'un objet fort éloigné peint ſon image au foyer F, elle ſert de baſe à deux angles qui ont leurs ſommets aux centres des ſurfaces ſpheriques des miroirs MI AB : or les diſtances FA, FI du foyer aux miroirs étant entr'elles comme $1\frac{1}{2}$ pouces & 9 pouces, ou comme 3 & 18, en ôtant la fraction, ou encore comme 1 & 6, en diviſant les deux termes par 3, il s'enſuit que les diſtances du foyer F aux centres des ſurfaces ſpheriques

ſont auſſi entr'elles comme 1 & 6, donc les deux angles auxquels l'image en F ſert de baſe ont leurs côtés dans le rapport de 1 à 6, donc ils ſont dans la raiſon reciproque des mêmes côtés, c'eſt-à-dire que l'angle au centre de la ſurface ſpherique, dont AB eſt une portion eſt 6 fois plus grand, puiſque ſes côtés ſont 6 fois moindres; donc cet angle eſt 6 fois plus grand que celui que l'objet ſoutend au centre de la ſurface ſpherique dont MI eſt une portion; donc l'image en F produit ſur le miroir AB le même effet que ſi l'objet s'en étant approché, & étant placé en cet endroit étoit devenu 6 fois plus grand : on peut donc ſuppoſer que la lumiere qui coule de l'image en F vers le miroir AB vient d'un objet 6 fois plus grand que n'eſt l'objet apperçû à la vûe ſimple : or la lumiere qui va d'un point de l'image en F ſur le miroir AB eſt refléchie de façon que les rayons ſont paralleles entr'eux, donc ils rencontrent la lentille L comme s'ils venoient d'un point d'un objet infiniment éloigné, & 6 fois plus grand que n'eſt celui que l'on apperçoit à la vûe ſimple. Cela étant, les deux verres LC compoſent une lunette dont la propriété eſt la même que ſi les deux verres étoient convexes, parce qu'on peut toujours reduire les verres qui réuniſſent les rayons à des verres convexes; donc ſuivant ce qu'on a démontré de l'augmentation apparente des objets avec le ſecours d'une lunette à deux verres convexes, l'on aura cette augmentation dans le rapport de la longueur du foyer du verre C à la longueur du foyer du verre L, c'eſt-à-dire dans le rapport de 10 lignes à 3 pouces ou à 36 lig. Mais cette augmentation étoit déja dans le rapport de 1 à 6 à cauſe du miroir AB; prenant le rapport compoſé de ces deux rapports, en multipliant les antecedens par les antecedens & les conſéquens par les conſéquens, (4 *Arith.*) on aura la grandeur véritable à la grandeur apparente, comme $10 \times 1$ & $36 \times 6$, ou comme 10 & 216, ou comme 1 & 22 ou environ.

114. On peut dire encore que le miroir concave MI fait la fonction d'un objectif de 9 pouces de foyer. Car

un tel objectif amasseroit la lumiere qui vient des différens points d'un objet infiniment éloigné au foyer des paralleles, c'est-à-dire, suivant la supposition à la distance de 9 pouces de même que le miroir concave MI. Le miroir AB fait l'office d'un oculaire concave dont le foyer négatif seroit à la distance de 1 $\frac{1}{2}$ pouces, puisqu'un tel oculaire étant combiné avec l'objectif que l'on vient de supposer, étant combiné, dis-je, de la maniere qu'il a été dit dans la lunette d'Hollande rendroit paralleles les rayons qui tendroient vers un même point, comme fait le miroir AB; donc les deux miroirs ensemble équivalent à la lunette d'Hollande, dont l'objectif auroit 9 pouces de foyer & l'oculaire auroit un pouce & demi; or une telle lunette augmente les objets dans le rapport de la longueur du foyer de l'oculaire à celle de l'objectif, c'est-à-dire dans le rapport de 1 pouce & demi à 9 pouces ou dans le rapport de 1 à 6; donc les deux miroirs MI AB ensemble produisent le même effet. D'où l'on conclura, comme on a déja fait, que le telescope en entier augmente dans le rapport de 1 à 22.

115. On dit ordinairement que ce telescope à refléxion fait l'effet d'une lunette de 8 pieds de foyer, mais cette détermination est trop vague, car un objectif de 8 pieds de foyer pouvant recevoir différens oculaires d'un foyer plus ou moins long, on pourra composer une lunette de 8 pieds qui grossira diflléremment selon l'oculaire.

Le telescope à refléxion tel qu'on vient de le décrire, fait voir les objets droits. Car l'image en F est renversée, mais parce que les rayons qu'elle envoye sur le miroir AB sont refléchis paralleles entr'eux; il s'ensuit que la seconde image qui se peint en *f* est droite, car si la premiere image en F étoit droite la seconde en *f* seroit renversée, puisque la lumiere composée de rayons paralleles peint des images renversées étant refractée par un verre convexe: (art. V. n. 59.) or puisque l'image en *f* est droite, le verre C la laisse dans cette situation, comme il paroît par ce qui a été dit du telescope à deux verres convexes. Donc, &c.

*Le Polemoscope & la chambre obscure* ( *Fig.* 90. )

116. KR est une boëte quarrée semblable à un Dè ou cube. MI représente un miroir plan qui la coupe diagonalement, & fait avec quatre des 6 faces des angles de 45 d. ; les faces KM, KI sont percées dans leur milieu, chacune d'une ouverture circulaire qui reçoit un tuyau ; & parce que les faces KM, KI sont d'équerre ou font un angle droit, les deux tuyaux sont aussi perpendiculaires entr'eux. Dans l'un se trouve le verre lenticulaire L qui est exposé à la lumiere des objets du dehors. Après qu'elle a été rompue à travers ce verre, elle tombe sur le miroir MI qui la refléchit dans l'autre tuyau où elle rencontre un autre verre lenticulaire, & où elle se refracte comme en L, & à sa sortie elle pénétre dans l'œil qui est appliqué à l'ouverture O de ce tuyau. Pour appercevoir plus distinctement le progrès de la lumiere ne considérons que deux rayons AB, CD qui viennent d'un point radiant d'un objet. Après s'être rompu à travers le verre L ils auroient leur point de concours vers *f* sans le miroir MI qu'ils rencontrent aux points GE ; donc ils seront refléchis faisant les angles de refléxion FGI FEI égaux aux angles d'incidence BGM DEM ; par conséquent les rayons refléchis GF EF feront entr'eux l'angle F égal à l'angle *f*. Car les deux triangles EG*f* EGF sont égaux en tout, ainsi qu'il est aisé de le prouver. Donc les rayons refléchis GF EF auront leur point de concours en F autant distant du miroir que l'est le point *f* auquel les rayons tendent par la refraction. Ce qui est dit du point de concours F par rapport aux rayons AB CD qui viennent d'un même point, il faut l'entendre des rayons qui viennent de tout autre point de l'objet vers lequel le verre L est tourné ; donc la lumiere qui en vient après avoir été refractée à la rencontre du verre L, & refléchie par le miroir peindra une image en F, d'où elle divergera ensuite ; & parce que l'oculaire S en est autant distant qu'il l'est de son propre foyer, il s'ensuit que les rayons qui partent d'un

même point ſortiront paralleles entr'eux & entreront dans l'œil ayant cette diſpoſition ; donc la viſion qui s'en ſuivra ſera exempte de toute confuſion ; & parce que l'image eſt repréſentative elle ſera des impreſſions ſemblables à celles de la lumiere directe, & l'œil diſcernera la figure & les mouvemens de l'objet, quoiqu'il lui ſoit abſolument caché. Avec cet inſtrument on peut voir ceux qui entrent dans une maiſon, qui en traverſent la cour, ce qui ſe paſſe dans une rûe &c. ſans être vû & même ſans quitter ſa place. Si la branche qui contient le verre L eſt horiſontale, & celle où l'œil s'applique verticale, les objets paroîtront dans une ſituation horiſontale. Car le miroir étant incliné de 45 degrés l'image qui ſe peint en F eſt horiſontale, de même que la fauſſe image le ſeroit en *f* ſi le verre L étant ôté la lumiere tomboit immediatement ſur le miroir.

117. Si les deux branches ou tuyaux ſont tenus paralleles à l'horiſon, enſorte que le miroir MI ſoit vertical, les objets paroîtront renverſés avec l'oculaire S qu'on ſuppoſe lenticulaire ; ainſi pour les redreſſer il faudroit ajouter encore deux oculaires convexes comme aux lunettes à 4 verres, ou bien il faudroit placer en P un oculaire concave de façon qu'il fut autant diſtant de F que de ſon propre foyer comme dans la lunette d'Hollande. Si on ne veut point employer d'oculaires, on pourra faire ſervir un ſecond miroir plan qu'on placera vers T parallelement au miroir MI, & les rayons incidens FG, ~~FH~~ E ſeront refléchis avec la même divergence qu'ils ont en F, & par conſéquent parallelement aux rayons incidens BG DE ; c'eſt pourquoi il faudra que l'œil regarde lateralement en V. Si non-ſeulement on ôte les oculaires, mais encore l'objectif L, la lumiere directe tombera immédiatement ſur le miroir MI, & de-là elle ſera refléchie vers le miroir T, mais le ſentiment de la viſion en ſera moins vif, parce que l'objectif L amaſſe la lumiere, laquelle rendue convergente a plus de force. Cet inſtrument peut donc être diverſifié de bien de manieres.

118. Supposons présentement que l'objectif L étant rétabli, le tuyau dans lequel il est, est horisontal, & que l'autre tuyau est vertical ; ensorte que le miroir MI fasse avec l'horison un angle de 45 degrés. Les objets se peindront encore en F comme auparavant, & leur situation sera horisontale, comme il vient d'être dit : c'est pourquoi si on étend en F un velin transparent ou un papier imbibé de quelque liqueur qui le rende plus clair on y verra les objets du dehors comme si on les y avoit dessinés : mais il faudra que la chambre où se fera l'expérience soit obscure, & qu'il n'y entre d'autre lumiere que celle qui passe à travers l'objectif L ; au defaut d'une chambre obscure un rideau peut écarter toute lumiere étrangere aux images, & mettre l'œil à couvert de ses impressions. Pour lors on aura une chambre obscure portative.

119. Si on ôte le miroir MI & que l'objectif L soit d'un court foyer les images se peindront renversées sur le fond IK de la boëte, ou bien en ôtant ce fond elles iront se peindre sur une toile à une plus grande distance pourvû que ce soit dans une chambre obscure, & elles seront d'autant plus petites que les objets seront plus éloignés comme il a été prouvé. ( art. V. n. 38. 39. ) Si on peint de petites figures sur de lames de verre avec des couleurs transparentes, & qu'on les passe renversées devant l'objectif à une distance plus grande que n'est celle de son foyer, elles se peindront droites & extrémement grandes. Car l'objectif renverse les images des objets qui sont droits, donc il redresse les images de ceux qui sont renversés ; & parce que plus l'objet est proche plus son image est éloignée, & que la grandeur augmente à proportion de l'éloignement, il s'ensuit que celles des petites figures dessinées sur le verre doivent être considérablement plus grandes que les objets mêmes. Il est nécessaire que les lames de verre soient plus distantes de l'objectif que l'objectif n'est de son foyer, sans quoi les rayons qui partent d'un même point sortiroient de l'objectif paralleles entr'eux ou divergens & ne peindroient aucune image distincte. Si on fait

l'expérience durant la nuit, on enferme dans une lanterne la lampe qui doit éclairer les petites figures, & l'on la place au foyer d'un miroir concave qui eſt au fond de la lanterne, de ſorte que la lumiere qui tombe ſur cette concavité eſt refléchie parallelement à l'axe & elle traverſe perpendiculairement les lames de verre, & fait le même effet que la lumiere du Soleil : ainſi les petites figures ſe peignent au loin & d'une grandeur extraordinaire eu égard à la petiteſſe des objets. C'eſt le peu de proportion qu'il y a entre l'une & l'autre grandeur qui a fait donner le nom de lanterne magique à la lanterne qui en éclairant de ſi petites figures les fait paroître ſi grandes. L'œil artificiel eſt une eſpece de chambre obſcure. La lumiere qui y entre par l'ouverture anterieure ſe refracte à travers un verre lenticulaire comme au travers du criſtallin & des autres humeurs de l'œil naturel, & va peindre au fond du globe de carton ou de bois les images renverſées des objets ainſi que ſur la retine.



## *LES COULEURS.*

VI. I. LES couleurs, comme les autres qualités ſenſibles, ont trois ou quatre rapports différens, ſoit avec nous-mêmes ſoit avec ce qui eſt hors de nous. 1°. Les couleurs ne paroiſſent que là où eſt la lumiere, & elles ſemblent en être une modification ; on diroit qu'elles ſont répandues ſur les corps, & que c'eſt là leur ſiege, & le ſujet où elles réſident principalement : elles ébranlent l'organe de la vûe, & excitent dans l'ame un certain ſentiment. On convient aſſez généralement à préſent que les couleurs hors de nous n'ont rien de ſemblable à la perception que nous en avons, leur principale propriété c'eſt de paroître ou d'être viſibles ; car qu'eſt-ce qu'une couleur qui ne paroît point ? Pourroit-on bien la definir & la déſigner par ſon caractere particulier & diſtinctif ? Com-

me on définit l'eſpace qu'un corps occupe, ſa figure, ſon éloignement ou ſa diſtance, ſon mouvement ou l'eſpace qu'il parcourt : or la viſion ou le ſentiment que l'on a d'une couleur n'apprend point ce qu'elle eſt ; elle eſt cauſe, parce qu'elle ſe fait ſentir ; mais elle n'eſt point objet, parce que ce ſentiment ne contient rien qui nous faſſe connoître ce qu'elle eſt en elle-même : ce ſeroit donc une entrepriſe vaine & inutile de vouloir approfondir la nature des couleurs par les ſens. Les ſens nous les font bien diſtinguer les unes des autres avec leurs différenres nuances ; mais le fond en demeure toujours inconnu ; les ſens nous découvrent bien que cela eſt, ou la verité du fait ; mais ils nous laiſſent ignorer comment la choſe eſt. En effet les expériences que M. Newton a faites ſur les couleurs avec un ſoin infatigable & en grand nombre l'ont ſeulement conduit à s'aſſurer qu'il y a dans la lumiere certaines diſpoſitions permanentes & inaltérables que la refléxion & la refraction ne ſçauroient changer : ayant donc à expoſer avec brieveté ce que le ſens & l'expérience ont fait découvrir de plus conſidérable dans les couleurs, il ne faut pas s'attendre à un enchaînement de propoſitions touchant leur eſſence.

2. Avant M. Newton on ſuppoſoit ſans autre examen que la lumiere eſt homogéne dans ſes parties, c'eſt-à-dire, que les parties qui la compoſent ſont de même figure, qu'elles ſont également groſſes, & que le corps lumineux qui les lance leur imprime à toutes la même viteſſe, que les couleurs qu'on y obſerve ſont l'eflet de la refraction, que ce ſont des modifications paſſageres que la lumiere acquiert & perd en paſſant & repaſſant par différens milieux ; mais les expériences de M. Newton détruiſent ces préjugés, & prouvent invinciblement que la lumiere eſt compoſée de parties étherogénes, ou ce qui eſt la même choſe que ces parties ont été conſtituées d'origine, les unes autrement que les autres, & qu'elles gardent invariablement la diſpoſition intime qu'elles ont une fois reçûe. Les couleurs dont elles paroiſſent ornées ne ſont point des

modifications qu'elles acquierent ou perdent indifféremment par la refraction ; la refraction demêle seulement les couleurs sans les produire, elle fait pour ainsi dire un triage ; les parties d'une même couleur étant séparées de la sorte deviennent sensibles sous cette couleur, laquelle ne paroissoit point auparavant par son mélange avec les autres.

3. Les propositions suivantes contiennent le précis des découvertes de M. Newton par rapport à la lumiere & aux couleuts ; on les met au nombre de 5.

1°. Les rayons des différentes couleurs sont inégalement refrangibles. Par exemple, deux objets l'un rouge & l'autre bleu ou violet envoyent de la lumiere sur un même verre à égales incidences, l'expérience démontre que le détour de la lumiere bleue est beaucoup plus grand que le détour de la lumiere rouge.

2°. La lumiere du Soleil est composée de rayons qui sont aussi inégalement refrangibles.

3°. Entre les rayons de la lumiere du Soleil, ceux qui sont les plus refrangibles ont aussi une plus grande facilité à être refléchis.

4°. Lorsque la lumiere du Soleil a été decomposée en ses couleurs simples ou homogénes, chacune en particulier se refracte regulierement, c'est-à-dire qu'elle ne se dilate point, & n'occupe qu'une étendue proportionnée à la loi de la refraction qui lui est propre ; & les objets qu'on regarde à travers un prisme ou un verre lenticulaire à la faveur d'une telle lumiere paroissent très-distincts : mais lors qu'on les regarde avec un prisme à une lumiere étherogéne, on les voit troubles, confus & mal terminés.

5°. Toute lumiere simple ou homogéne à sa couleur propre, laquelle ne peut être changée ni par refléxion ni par refraction.

4. M. Newton a fait les expériences qui prouvent ces propositions avec des verres lenticulaires & avec de prismes triangulaires aussi de verre. Le prisme triangulaire est un solide qui a trois faces qui sont autant de

parallelogrammes, & deux bases paralleles triangulaires. On représente assez souvent un prisme par une de ses bases. L'axe est une ligne qui traverse perpendiculairement les deux bases par le milieu, il est parallele aux faces. C'est autour de l'axe que l'on conçoit que le prisme tourne, lorsqu'on présente ses différentes faces à la lumiere des objets & principalement du Soleil.

5. Avant que d'en venir aux expériences de M. Newton, il ne sera pas hors de propos de voir quels sont les effets les plus généraux du prisme lorsqu'on l'expose à la lumiere. 1° Si on tourne un prisme autour de son axe en présentant successivement ses différentes faces au Soleil, & si on reçoit sur une surface verticale, par exemple, un mur, la lumiere qui le traverse on voit qu'elle monte & qu'elle descend. Cela doit arriver de la sorte. Car les rayons incidens sont tantôt plus tantôt moins inclinés aux surfaces refringentes à mesure que le prisme tourne, donc les détours que la lumiere prend doivent être plus ou moins grands selon les incidences; par conséquent la lumiere refractée doit être dans un mouvement continuel tant que le prisme tourne: or puisque la lumiere monte & descend, il s'ensuit qu'il y a un tems entre le dernier instant de la montée & le premier de la descente où elle est stationnaire; c'est-à-dire qu'elle ne monte ni ne descend, quoiqu'on continue de tourner le prisme; car son mouvement se ralentit à mesure qu'elle approche du plus haut point de la montée, & elle doit paroître pendant un peu de tems comme immobile lorsqu'elle y est arrivée, ce qui est d'ailleurs confirmé par l'expérience.

2°. Si on regarde à travers un prisme pendant qu'on le tourne autour de son axe, on voit de même les images des objets monter & descendre. Cet effet est le même que le précédent, avec cette seule différence que dans l'expérience présente l'œil voit les images par refraction, parce que les objets sont en devant du prisme, & que dans la précédente il les voit par la lumiere reflechie de dessus le mur, parce que les objets sont derriere le prisme ou du

même côté que celui qui le tourne ou qui regarde au travers.

3°. Si on reçoit ſur un priſme un trait de la lumiere du Soleil, la réfraction la décompoſe en pluſieurs couleurs ſemblables à celles de l'Iris ou de l'Arc-en-Ciel; ſi l'expérience ſe fait dans une chambre obſcure, elles paroiſſent dans tout leur éclat & leur vivacité; ſi c'eſt en plein air, la lumiere du jour les palit. Elles s'arrangent dans cet ordre les unes à côté des autres, le rouge qui eſt la plus brillante de toutes tient le premier rang, ſuivent le jaune ou l'orangé, le verd, le bleu & le violet. Si on eſt dans un lieu obſcur elles paroiſſent auſſi ſur les corpuſcules ou brins de pouſſiere qui voltigeant dans l'air ſe rencontrent ſur le paſſage de la lumiere. Ces choſes ſuppoſées on va décrire les expériences qui prouvent chacune des cinq propoſitions qu'on vient d'énoncer.

6. La premiere, ſçavoir que les rayons des différentes couleurs ſont différemment refrangibles ſe prouve par l'expérience qui ſuit.

ABC*cab* (*Fig.* 100.) eſt un priſme triangulaire de verre, dont la face B*bc*C eſt horiſontale, on le place devant une fenêtre MN, de façon que les vives aretes ou côtés A*a*, B*b*, C*c* ſoient paralleles au mur. DE eſt une bande d'un papier très fort ſur laquelle on a d'abord étendu une couleur noire, & après avoir tiré une ligne FG qui diviſe la longueur en deux parties égales; on a mis en rouge la moitié IG, & en bleu l'autre moitié FH; & afin de rendre le phénomene plus ſenſible, on a choiſi les coulenrs les plus foncées & qui ont même de l'épaiſſeur. La bande de papier étant ainſi preparée, on la place horiſontalement devant la fenêtre MN, plus près que n'en eſt le priſme; les longs côtés DI, HE étant paralleles au mur. Voici ce qui arrive, ſi on regarde à travers le priſme l'objet DE paroît plus élevé qu'il n'eſt, car la refraction change le lieu apparent; mais ce qu'il y a à remarquer principalement dans cette expérience, eſt que la moitié bleue *dg* paroît plus élevée que la moitié rouge *fe*: ſi on tourne

le prisme, les côtés A*a*, B*b*, C*c* demeurant paralleles au plancher ou à l'horison, la réfraction abbaissera l'objet DE & il paroîtra en $\delta\varepsilon$, la moitié bleue $\delta\gamma$ sera plus basse que la moitié rouge $\phi\varepsilon$.

7. D'où il suit manifestement que les rayons de la couleur bleue & de la rouge sont différemment refrangibles puisque la seule réfraction sépare les deux couleurs, & parce que dans toutes les incidences que la lumiere refléchie par l'objet DE sur le prisme à mesure qu'on le tourne, le bleu paroît toujours plus haut ou plus bas que le rouge; il s'ensuit que les rayons de la couleur bleue sont plus refrangibles que les rayons de la couleur rouge, puisqu'ils prennent un plus grand détour. Ce n'est pas là la seule expérience qui démontre l'inégale refrangibilité des rayons des différentes couleurs. En voici encore une qui porte la chose au plus haut point d'évidence.

8. On attache à un mur la bande DE (*Fig.* 101.) après l'avoir entourée à plusieurs reprises d'un fil de soye noire, comme il paroît. La ligne FG qui sépare les deux couleurs étant verticale ou perpendiculaire au plancher, on place au-devant une loupe AB à une distance telle que les rayons qui partent d'un même point concourent après la réfraction en un autre point autant distant que l'est le point radiant. (Le foyer du verre étant connu, il est aisé de déterminer ce point de concours, par ce qui a été dit de la réfraction à travers les verres sphériques, lorsque les rayons incidens partent d'un point radiant qui est à une distance finie.) On éclaire la bande DE avec une bougie allumée, & on reçoit la lumiere refractée au-delà de la loupe en présentant un papier blanc que l'on avance ou que l'on recule jusqu'à ce que les deux couleurs paroissent les plus foncées qu'il se puisse: on connoit qu'elles sont dans ce degré lorsque les divers tours du fil noir se peignent bien distinctement ou que leurs ombres sont nettes & bien tranchées: or on trouve que là où le rouge est le plus vif & les ombres des filets noirs qui sont par dessus très-distinctes, le bleu est foible & pâle, & que les

ombres des filets noirs qui y répondent ſont toutes brouillées ; mais ſi on approche d'avantage le papier blanc le contraire arrive, c'eſt-à-dire, que le rouge perd ſon éclat & les ombres du fil qui l'entoure ſont brouillées à leur tour, tandis que le bleu paroît dans toute ſa force, & que les ombres du fil ſont très-nettes. Or il paroît par cette expérience que non-ſeulement les rayons des deux couleurs ſont inégalement refrangibles, mais encore que ceux de la couleur bleue le ſont d'avantage, puiſque pour trouver l'endroit où le concours eſt le plus abondant, il faut approcher le papier ou le préſenter à une moindre diſtance. L'intervalle qui étoit entre les deux ſtations dans l'expérience de M. Newton étoit d'un pouce & demi.

9. On va prouver la ſeconde propoſition, ſçavoir que la lumiere du Soleil eſt compoſée de rayons différemment refrangibles par l'expérience qu'on va décrire. On fait entrer dans une chambre obſcure un trait de la lumiere du Soleil par un trou F qu'on perce au volet EG (*Fig.* 102.) d'une fenêtre, d'environ 3 ou 4 lignes de diamétre, on y applique un priſme triangulaire ABC de verre ſur lequel tombe le trait de lumiere qui s'introduit, & on le tourne autour de ſon axe qu'on ſuppoſe parallele à l'horiſon ; la lumiere refractée, ou ce qui eſt la même choſe, l'image du Soleil monte & deſcend comme il a été dit ; on obſerve à quel endroit elle eſt ſtationnaire comme en PT ; on meſure ſa longueur & ſa largeur, & on trouve qu'elle eſt 5 fois plus longue que large : les couleurs ſont à la ſuite les unes des autres, le rouge en T, & le bleu ou le violet vers P. Cela poſé : ſi les rayons de la lumiere du Soleil étoient tous également refrangibles l'incidence étant la même pour tous ceux qui paſſent par l'ouverture F, la réfraction devroit être égale pour tous ; alors l'image du Soleil ſeroit ronde : mais puiſqu'elle eſt pluſieurs fois plus longue que large, il eſt néceſſaire qu'il y ait des rayons dont les réfractions ſoient plus grandes ; & parce que c'eſt le violet dont l'écart ou le

détour eſt toujours le plus grand, il s'enſuit que les rayons de la couleur violette ſont les plus refrangibles. Si on regarde à travers le priſme le cercle de lumiere qui répond à l'ouverture F, il paroît auſſi oblong avec ſes différentes couleurs ſéparées les unes des autres.

10. Comme la lumiere du Soleil eſt d'abord tombée ſur le priſme ABC dont l'axe eſt horiſontal, & que l'image eſt devenue oblongue, il ſemble qu'en recevant cette lumiere ainſi allongée ſur un priſme dont l'axe eſt vertical ou à plomb, elle doit devenir dans ce ſecond paſſage quarrée ou autant large que longue, puiſque le ſecond priſme eſt tout autrement ſituée que le premier : cependant l'image n'en devient que plus longue ſans s'élargir, mais elle eſt inclinée, & c'eſt encore le bleu ou le violet dont l'écart eſt plus grand. Si on fait paſſer cette lumiere oblongue par un plus grand nombre de priſmes, elle ne s'élargit point & les couleurs gardent toujours entr'elles le même ordre & ne perdent point leur rang, le violet prenant toujours le plus grand détour. Ce qui prouve encore l'inégale refrangibilité. On obſerve dans l'expérience préſente que l'image oblongue du Soleil eſt compoſée de divers cercles colorés couchés les uns ſur les autres, comme ſeroient des jettons étendus ſur une table de façon qu'ils ſe cachent en partie; tant que ces cercles demeurent ainſi engagés les uns dans les autres, les couleurs qui ſe montrent dans l'image du Soleil ne ſont ni pures ni ſimples, parce que leur ſéparation étant imparfaite, chacune eſt alterée par quelque mélange des autres; ſi pour en venir à une ſéparation entiere on réuſſit à éloigner tous ces cercles les uns des autres, de maniere qu'il y ait quelque intervalle entre deux, pour lors la couleur qui eſt en-dedans de chacun eſt ſimple & homogéne, & quelque ſoit le nombre & la variété des réfractions qu'on lui fait ſouffrir enſuite; elle demeure inaltérable comme il ſera prouvé. Voici la maniere de ſéparer les couleurs ſimples de l'image du Soleil.

On diminue le trou F & on ne lui donne qu'environ la dixiéme partie d'un pouce ; plus le trou eſt petit, pourvû qu'il laiſſe paſſer autant de lumiere qu'il en faut pour l'expérience, plus l'effet eſt ſenſible, & plus la ſéparation eſt parfaite. On place une loupe à une certaine diſtance du trou proportionnée à la longueur du foyer, enſorte que la lumiere qu'elle réfracte puiſſe peindre ſur le mur oppoſé, ou ſur une toile à une moindre diſtance que n'eſt le mur, l'image du Soleil bien nette & bien terminée ; on place encore entre la loupe & la toile ou la ſurface qui reçoit l'image, un priſme triangulaire de verre de façon que l'axe ſoit vertical ou à plomb ; on le tourne dans cette ſituation autour de l'axe juſqu'à ce que l'image oblongue du Soleil ſoit ſtationnaire ; pour lors les cercles qui ſe couvroient en partie ſont entierement dégagés, ne ſe touchent plus & on les voit très-diſtincts & bien tranchés. Cette expérience fait trouver ſept cercles, & par conſéquent ſept couleurs dans l'image oblongue. Le rouge & le violet ſont aux extrémités comme dans les expériences précédentes, & allant du rouge vers le violet ſuivent les autres couleurs dans cet ordre, l'orangé, le jaune, le verd, le bleu, & l'indigo qui précéde immédiatement le violet. Il eſt clair que chaque cercle eſt une image du Soleil, & que chaque couleur forme la ſienne à part : ainſi l'image blanche du Soleil ſe diviſe en ſept autres qui ont chacune cette couleur particuliere qui eſt ſimple ou homogéne. M, Newton rapporte qu'en ſuivant cette méthode il a rendu cette couleur 60 ou 70 fois plus ſimple que n'eſt la lumiere blanche ou étherogéne du Soleil.

11. On prouve la troiſiéme propoſition, ſçavoir que les rayons qui ſont les plus refrangibles ſe refléchiſſent plûtôt ou avec plus de promptitude ; ainſi le violet comme le plus refrangible eſt le plus aiſé à être refléchi. L'expérience ſe fait en cette ſorte.

On prend deux priſmes triangulaires BAC BDC (*Fig.* 103.) parfaitement égaux les angles AD étant droits, & les angles aigus chacun de 45 degrés ; on applique les

faces opposées aux angles droits l'une à l'autre ; ensorte que les deux prismes semblent n'en faire qu'un de figure parallelopipede ; on présente une des faces qui forment l'angle droit, telle que AB, au trait de lumiere qui passe par le trou F, de maniere que l'incidence se fasse à angles droits ou soit perpendiculaire à la face AB. Le trait FN pénétrera sans se rompre, & tombant en ligne droite sur la face BC, il se rompra en rentrant dans l'air, car il y en a entre les deux faces qui se touchent, parce qu'elles ne se touchent point parfaitement ; il se rompra encore en pénétrant dans le prisme BDC : mais parce que les deux faces qui se touchent sont paralleles, les réfractions seront égales & en sens contraires, comme il a été prouvé ailleurs. (art. V. n. 9.) Car le trait de lumiere s'approchera autant de la perpendiculaire en entrant dans le prisme BDC qu'il s'en étoit éloigné en sortant du prisme BAC ; donc le trait de lumiere pénétrera jusqu'à la face DC comme s'il n'avoit point été rompu & qu'il eut été mû en ligne droite, donc son incidence sur la face DC sera perpendiculaire, par conséquent il sortira du prisme BDC sans se rompre, & ira rencontrer le prisme IKH, & après l'avoir traversé il peindra sur un mur ou sur une toile l'image oblongue PT. Les choses étant ainsi disposées, si on tourne les deux prismes ABDC, comme ne faisant qu'un seul corps, & autour de l'axe commun lequel passe par le milieu de BC, l'incidence du trait de lumiere FM cessera d'être perpendiculaire à la face AB, & deviendra si oblique aux faces BC qu'il ne pourra plus sortir du prisme BAC, ni entrer dans le prisme BDC ; pour lors la lumiere est refléchie à la rencontre de la face BC faisant l'angle de reflexion égal à l'angle d'incidence, & se rompant sur AC va piendre l'image du Soleil en *p t* ; mais tout le trait n'est point refléchi à la fois, l'image *p t* ne se forme que peu à peu, & à mesure que les couleurs s'effacent dans l'image PT, elles reparoissent dans l'image *p t* ; & comme elles ne s'effacent que successivement dans PT, elles ne sont refléchies vers *p t* que les unes après les autres : or c'est le

violet qui est refléchi le premier, & qui le premier paroît dans l'image *pt*; les autres couleurs l'indigo, le bleu, le verd, le jaune, l'orange & le rouge s'effacent chacune suivant son rang dans l'image PT, & prennent aussi-tôt leur place dans l'image *pt*. Cette expérience prouve tout à la fois que les rayons de différentes couleurs sont inégalement réfrangibles, puisque les uns peuvent traverser les deux prismes BAC BDC, tandis que les autres ne peuvent s'insinuer que jusqu'à la surface commune BC, n'ayant pas la force de pénétrer plus avant; & que les uns ont plus d'aisance ou de facilité à être refléchis que les autres, puisque rencontrant tous ensemble la surface commune BC des deux prismes, les uns se reflechissent pendant que les autres continuent d'aller en avant; & parce que les rayons du violet qui sont les plus refrangibles sont aussi les premiers à peindre l'image *pt*; il s'ensuit qu'ils sont les plus aisés à être refléchis. Le degré d'aisance ou de promptitude diminue ensuite en remontant jusqu'au rouge qui est le dernier & le plus difficile à être refléchi.

12. Tant que les couleurs que le prisme développe dans la lumiere du Soleil demeurent confondues ou mêlées ensemble, l'image qu'elles peignent est toujours plus longue que large; mais lorsqu'elles ont été séparées par la méthode qu'on a indiquée, qu'elles ne sont plus alterées par aucun mélange sensible des autres, que chacune d'elles peint son cercle à part & isolé, distinct & bien terminé, en un mot qu'elle est simple & homogéne, pour lors chacune se refracte regulierement, c'est-à-dire qu'elle ne se dilate point ou n'occupe pas plus de place dans un sens que dans un autre. C'est la quatrieme proposition qu'on prouve ainsi. On reçoit sur une des faces d'un prisme triangulaire une de ces lumieres colorées toute seule, elle en traverse l'épaisseur comme fait la lumiere blanche, & l'image qu'elle peint est ronde de même que le corps du Soleil, & le trou du volet; si on la regarde à travers le prisme on la voit aussi arrondie; le prisme ne change point non plus

la figure des corps qu'on expoſe à cette lumiere, tout eſt net, ſans nuages & ſans confuſion; c'eſt le contraire de ce qu'on éprouve avec la lumiere blanche & etherogéne ou compoſée de toutes les couleurs. Il paroît donc que chaque lumiere ſimple & homogéne ſe réfracte regulierement & qu'elle ne s'étend pas plus dans un ſens que dans un autre. On peut encore conclure de-là que la diſpoſition qu'un trait de lumiere blanche qui traverſe un priſme a à s'étendre plus dans un ſens que dans un autre, quoique rond, n'eſt point accidentelle ni un effet du priſme, mais inhérente, originaire & naturelle.

13. La cinquiéme propoſition, ſçavoir que chaque lumiere ſimple & homogéne a ſa couleur propre, laquelle ne peut être changée ni par la refraction ni par la refléxion eſt une conſéquence des expériences précédentes. Car ſuivant ce qui vient d'être dit, une lumiere ſimple & homogéne ſe réfracte regulierement, & elle ſe conſerve telle quelle eſt ſans altération & ſans qu'il lui arrive de changement ſenſible, quoiqu'on lui faſſe traverſer divers priſmes, & qu'elle ſe rompe pluſieurs fois. La refléxion ne la change point non plus, car ſi on expoſe à cette lumiere des corps de différentes couleurs, ils paroiſſent toujours de la couleur de la lumiere ſimple qui les éclaire, perdant pour ainſi dire la leur; ſi la lumiere ſimple eſt rouge ils paroiſſent rouges, verds ſi elle eſt verte; & ainſi des autres couleurs. La refléxion & la refraction ne ſçauroient donc changer la couleur d'une lumiere ſimple; la couleur qu'elle a lui eſt donc propre & naturelle, & elle eſt indeſtructible tant que cette lumiere eſt ſimple, puiſque rien ne peut l'alterer.

14. M. Mariotte dans ſon traité des couleurs ſe déclare contre cette cinquiéme propoſition qui eſt comme le réſultat des expériences de M. Newton, & pour la combattre il apporte une expérience en ces termes: recevez ſur un carton blanc à une diſtance d'environ vingt-cinq ou trente pieds un petit rayon ſolide qui aura paſſé par un priſme, vous verrez que les couleurs occuperont un eſ-

ſpace de plus de 10 pouces ; ( c'eſt l'image oblongue & colorée des expériences précédentes ) dont le rayon rouge en contiendra plus de deux & le violet plus de trois, faites que l'extrémité du violet paſſe par une petite fente d'environ deux lignes de largeur taillée exprès dans un carton, & recevez cette lumiere violette fort obliquement ſur un autre priſme au-delà du carton ; alors vous verrez dans la lumiere qui aura paſſé à travers ce ſecond priſme, du rouge jaune dans la convexité de la courbure ( du trait de la lumiere: ) or dans cette diſtance de 30 pieds le violet ſe ſera ſéparé entierement des rayons rouges qui en ſeront éloignés de plus de quatre pouces. Par conſéquent dans cette expérience quelque partie de la lumiere qui étoit violette ſera devenue rouge & jaune par la rencontre du ſecond priſme.

15. Le même changement arrivera ſi on fait paſſer l'extrémité du rouge dans la fente du carton, car on verra du bleu & du violet au-delà du ſecond priſme. Pour bien faire cette expérience, il faut que la chambre ſoit fort obſcure & qu'il ne paſſe par la fente du carton aucune lumiere ſenſible que celle qui eſt colorée, ce que vous connoitrez, ſi détournant le ſecond priſme de la rencontre de la lumiere rouge ou violette qui paſſe par la fente du carton, on ne voit plus les lumieres diverſement colorées. Par cette expérience, conclut M. Mariotte, il eſt évident qu'une même partie de lumiere reçoit des couleurs différentes par de différentes modifications, & que & que l'ingénieuſe hypothéſe de M. Newton ne doit point être reçûe.

16. Cette expérience de M. Mariotte & la conſéquence qu'il en tire ſeroient ſans replique, ſi le priſme ſeul ſéparoit les couleurs autant qu'elles peuvent l'être : tant que les cercles qui compoſent l'image oblongue ſe cachent en partie & qu'ils ne ſont point tout à fait éloignés les uns des autres, les couleurs ne ſont ni pures ni ſimples : qu'on parvienne comme M. Newton à rendre la lumiere de chaque couleur 60 ou 70 fois plus ſimple que

n'eſt la lumiere blanche, pour lors le mélange s'il en reſte ne ſera pas à craindre, & le priſme ne ſçauroit alors changer certaines parties d'une couleur ainſi épurée en d'autres couleurs. On peut ajouter ſuivant la remarque de M. Wolf que l'expérience de M. Mariotte ne prouve point que la couleur rouge ou violette ait été changée par la réfraction en d'autres couleurs puiſque le fond du violet & du rouge demeure, elle prouve ſeulement que ces couleurs étoient encore mêlées.

*Conſéquences qui ſuivent naturellement des expériences de M. Newton.*

17. 1°. Le blanc n'eſt point une couleur particuliere; c'eſt l'aſſemblage de toutes les couleurs ſimples, & il naît de leur mélange. Elles ſont au nombre de 7 comme il a été dit. Le rouge, l'orangé, le jaune, le verd, le bleu, l'indigo & le violet. En effet ſi après que ces couleurs ont été tirées hors de la couleur blanche on les laiſſe encore mêler enſemble, leur mélange donne un beau blanc.

18. 2°. Si on retire du blanc une ou pluſieurs couleurs ſimples, ce n'eſt plus du blanc, la couleur varie ſelon le nombre & le degré de force des couleurs mélangées, en telle ſorte qu'avec les ſept couleurs primitives
grises on peut aſſortir toutes les couleurs ~~griſſes~~ qui ſe trouvent entre le blanc & le noir. M. Newton détermine même la quantité ou la proportion des mélanges; & ſi la quantité ou la proportion eſt donnée, il prévoit la couleur compoſée qui en doit naître.

19. Voici la maniere de procéder à ces mélanges par la voye de l'expérience, on peut ſe ſervir de la lumiere refléchie par l'image oblongue, ou bien de la lumiere refractée avant qu'elle tombe ſur la ſurface deſtinée à la recevoir.

20. Suppoſons en premier lieu que le mélange doive ſe faire des parties de la lumiere refléchie, on préſente un papier V (*Fig.* 102.) à l'image PT hors du cours de

la lumiere refractée; on le tient fort près afin que l'effet soit plus sensible, & on l'incline de façon que la lumiere refléchie de l'image y puisse tomber; si en le tenant dans cette inclinaison on l'éleve plus ou moins il pourra recevoir la lumiere refléchie d'une ou de plusieurs couleurs, car on suppose que l'image PT est verticale; si on éleve le papier à la hauteur du rouge, il ne recevra que la lumiere de la couleur rouge, & on n'y verra que du rouge; si on l'éleve à la hauteur de deux couleurs du rouge & de l'orangé, on verra un premier mélange qui tiendra de l'une & de l'autre; si on l'éleve à la hauteur de trois couleurs on aura un second mélange, & la couleur sera différente de toutes celles qu'on y aura vû jusqu'alors: & recevant ainsi successivement un plus grand nombre de couleurs les mélanges seront différens, & les couleurs composées qui en naîtront différeront aussi de celles qu'on aura vû jusques là sur le papier.

21. Secondement si on veut que les mélanges résultent des parties de la lumiere réfractée unies ensemble. On place une loupe MN (*Fig.* 104.) autant éloignée du prisme ABC qui reçoit le trait de lumiere qui s'introduit par le trou F, que l'est le point G où se doit faire le concours de la lumiere qu'elle réfracte, ainsi la lumiere qui est divergente à la sortie du prisme, puisqu'elle va peindre une image qui est considérablement plus grande que le trou F, est rendue convergente en traversant la loupe, & il se forme en G un cercle de lumiere blanche. Les rayons divergent ensuite du lieu G & se renversent, ensorte que ceux qui étoient à la droite passent à la gauche, & ceux de la gauche passent à la droite; & si on reçoit ensuite la lumiere en *p t* après la divergence des rayons du lieu G, on y voit toutes les couleurs que l'on remarque dans la lumiere oblongue réfractée par le prisme seul, avec cette différence qu'elles sont plus belles & d'un clair plus vif. Ces choses supposées.

22. Il est certain que les rayons de la lumiere paroissent avec leurs couleurs particulieres entre le prisme &

la loupe, puiſque ſi on les y reçoit, ils y forment une image colorée; ils ne perdent point non plus leurs couleurs en traverſant la loupe, puiſque les mêmes couleurs reparoiſſent encore plus belles au-delà du concours en G: il eſt cependant certain que tous ces rayons colorés qui partent du lieu G étant amaſſés en ce même lieu forment un beau blanc; donc le blanc réſulte du mélange des ſept couleurs ſimples & homogénes que la réfraction ſépare. Pour faire les autres couleurs on ſe ſert d'un eſpece de rateau ou peigne XY, dont les dents ſont diſpoſées d'une maniere à intercepter telle couleur ou telle partie d'une couleur que l'on veut, & les intervalles laiſſent le paſſage libre au reſte de la lumiere: or ſelon que l'on intercepte un plus grand ou un moindre nombre de couleurs, qu'on intercepte de chacune ou de pluſieurs ou de quelques unes ſeulement une partie plus ou moins grande, on voit le petit cercle en G qui étoit blanc varier à chaque inſtant, & changer ſucceſſivement de couleur ou de nuance: ainſi avec les ſept couleurs primitives on peut former toutes les couleurs & leurs nuances par le mélange des différentes parties d'une lumiere réfractée ſelon la méthode qu'on vient de décrire.

23. On obſervera qu'en compoſant de la ſorte différentes couleurs on en voit naître qui paroiſſent toutes ſemblables aux couleurs ſimples & originaires, mais ces couleurs factices différent toujours eſſentiellement des couleurs homogénes en ce qu'elles peuvent être décompoſés & être réduites en derniere analyſe en leurs coleurs ſimples & compoſantes; il eſt vrai que l'œil n'eſt point aſſez fin pour appercevoir la différence qui ſe trouve entre les unes & les autres, mais ce n'eſt pas une raiſon de conclure qu'il n'y en a aucune, puiſqu'on ſçait d'ailleurs qu'il s'y en trouve.

24. On obſervera encore que les verres à facettes qui multiplient les objets, réfractent la lumiere dans quelques unes de leurs ſurfaces comme les priſmes triangulaires. Ainſi le verre ABCDEF (*Fig.* 105.) dont les côtés ou

faces BC EF sont paralleles laisse voir dans sa partie BCEF l'objet *af* comme seroit un verre plan, c'est-à-dire que l'objet ne paroît ni augmenté ni diminué lorsqu'on le regarde à travers cette partie; il garde aussi ses couleurs naturelles & son lieu apparent n'est point changé. Mais le même objet envoyant aussi de la lumiere sur les parties CDE, BAF elles feront l'effet de deux prismes triangulaires puisqu'elles en ont la figure; c'est pourquoi l'objet paroîtra encore en *he* & en *pn*, mais augmenté comme l'image du Soleil & avec des couleurs semblables : ainsi le point *a* sera vû en *mn* avec du bleu & du violet & en *gh* avec du rouge & du jaune, & le point *f* sera vû en *pf* avec du rouge & du jaune & en *ei* avec du bleu & du violet.

*Explication de quelques Phénomenes dépendans de la différente réfrangibilité des rayons. de la lumiere.*

25. 1°. On s'est apperçû il y a long tems que les telescopes composés de verres sont défectueux, car quoique l'objectif amasse beaucoup de lumiere, il y a cependant entre l'œil & l'objet comme un brouillard, un espece de nuage, une obscurité qui nuit à la claire vision. On en rejettoit la faute en partie sur l'imperfection de l'art, & en partie sur ce que les verres spheriques ne réunissent pas exactement en un même point les rayons qui partent d'un seul point : on obvie à ce second inconvénient en donnant peu d'ouverture aux verres, ce qui prive le telescope d'une partie de la lumiere qui n'est jamais trop abondante lorsqu'on a à regarder des objets éloignés, à moins que ce ne soit le Soleil même; d'ailleurs plus l'ouverture d'un verre est petite, plus le champ qu'il embrasse ou qu'il laisse voir est aussi petit; ainsi on ne corrige un défaut qu'imparfaitement, & par un moindre.

Mais depuis que M. Newton a démontré que la lumiere est composée de rayons differemment refrangibles, lesquels ont chacun leur couleur propre & naturelle, il a

fait obſerver que les teleſcopes ne ſont ſuſceptibles que d'une certaine perfection, & qu'ils auront toujours un défaut qu'il ſera impoſſible à l'art de corriger. Qu'on ſuppoſe ſi l'on veut que les ſurfaces des verres ſont parfaitement ſpheriques, ou même que leur courbure eſt telle qu'elle donne des points de concours exacts en ſuppoſant que les rayons de la lumiere ſont également refrangibles, il eſt cependant certain qu'ils le ſont inégalement; on ne ſçauroit donc empêcher qu'en voulant les aſſembler en un point ils ne refuſent pour ainſi dire, & ne ſe ſéparent les uns des autres, qu'il ne ſe faſſe enſuite un mélange des rayons qui viennent de différens points, ce qui produit néceſſairement une ſorte de confuſion: ſi les réfractions ſont grandes ainſi qu'il arrive aux rayons qui ont leur incidence vers le bord du verre, la ſéparation en eſt plus grande, pour lors les couleurs commencent à ſe montrer, & on voit le bord coloré de bleu; ſi les réfractions deviennent plus conſidérables, la ſéparation des rayons augmente, pour lors le bleu ou le violet comme le plus réfrangible échappe à l'œil, & l'on voit les autres couleurs, le jaune ou même le rouge. Il y a donc une double néceſſité de diminuer l'ouverture des verres. 1°. Parce que les verres ſpheriques ne donnent point un concours exact des rayons. 2°. Parce que la lumiere eſt compoſée de rayons différemment réfrangibles, & après qu'on la diminuée autant que les regles le permettent, le teleſcope demeure encore défectueux & imparfait.

26. M. Newton pour ſe délivrer des inconvéniens qui s'enſuivent de l'inégale réfrangibilité des rayons propoſe de ſe ſervir d'un teleſcope à reflexion, le modéle qu'il en donne eſt un peu différent du teleſcope à refléxion dont on a parlé auparavant. M. Newton n'employe qu'un miroir concave & l'autre eſt plane. Le concave reçoit la lumiere immédiatement de l'objet, la reflêchit ſur le miroir plane lequel la reflêchit à ſon tour ſur un verre lenticulaire auquel l'œil s'applique, & parce que l'axe du miroir concave fait avec le miroir plan un angle de 45

degrés, & que la lumiere est refléchie par ce second miroir vers le verre lenticulaire sous le même angle de 45 degrés, il s'ensuit que le telescope étant dirigé vers les objets ; pour les voir il faut regarder par le côté ; ainsi le miroir concave n'est point percé comme dans l'autre telescope qui a été construit sur l'idée qu'en donne M. Jacques Gregori dans sa dioptrique, qui le premier a parlé du telescope à refléxion. Avec le telescope à refléxion on se met non-seulement à couvert du tort qne peut faire la différente refrangibilité des rayons, mais on se délivre encore de l'embarras d'un long instrument difficile à gouverner : cependant non-obstant cette incommodité, on s'en tient toujours pour les observations astronomiques aux telescopes entierement composés de verres.

27. 2°. Lorsqu'en regardant un corps diaphane on voit seulement une ou quelques unes des sept couleurs, cela peut venir de ce que les angles d'inclinaison étant fort grands les incidences sont trop obliques pour que les rayons de toutes les couleurs soient réfractés,pour lors il n'y a que ceux dont les couleurs sont visibles, qui le soient ou qui le soient en quantité suffisante pour se faire sentir ; les rayons des autres couleurs sont refléchis en plus grande partie & ceux qui traversent le milieu & qui arrivent à l'œil sont trop foibles pour émouvoir l'organe. On en voit un exemple dans la refraction de la lumiere à travers les vapeurs ou les petits nuages lorsqu'en certains tems ils paroissent rouges au lever & au coucher du Soleil, ou bien avant & après. Car alors les rayons rencontrent les surfaces restringentes fort obliquement eu égard à la situatiun de l'œil, la plûpart sont refléchis vers le haut lorsqu'ils sont sur le point de rentrer dans l'air & de tendre en bas où l'œil est situé, & il n'y a que ceux qui sont les moins prompts à se refléchir, comme les rayons rouges qui ayent la force de pénétrer & d'arriver à l'horison, ce qui se comprend assez par ce qui a été dit des rayons rouges qui traversent deux prismes qu'on joint ensemble, tandis que les autres après avoir traversé le premier ne

peuvent pénétrer dans le ſecond & retournent en arriere en ſe refléchiſſant. 2°. Il peut ſe faire que le milieu diaphane ou tranſparent refracte les rayons de toutes les couleurs & que cependant l'œil n'en voye qu'une, car comme ils ſont tous différemment refrangibles, ils vont en s'écartant les uns des autres, comme on l'a vû dans l'image que peint un trait de lumiere qui pénétre un priſme, de ſorte que ſi l'œil ſe trouve ſeulement dans le cours d'une des ſept couleurs, ce ſera la ſeule qu'il verra, & toutes les autres lui échapperont : s'il eſt dans le courant du rouge, il ne verra que le rouge & les autres couleurs ſeront par rapport à lui comme ſi elles étoient anéanties ou non exiſtantes. On en verra encore des exemples dans l'explication de l'arc-en-Ciel.

28, 3°. Les couleurs que l'on appelle fixes & que l'on voit ſur les corps colorés ne ſont point différentes des couleurs de la lumiere. Une certaine configuration ou contexture des parties, des pores plus ou moins ouverts, autrement arrangés ou diſpoſés, des parties ſolides plus ou moins grandes d'une courbure inégale, des ſurfaces différemment inclinées au cours de la lumiere ; c'eſt tout ce qui ſe trouve & que l'on peut imaginer dans les corps pour y former les couleurs dont ils paroiſſent colorés. Les corps peuvent recevoir toutes les couleurs ſans qu'il leur arrive aucun changement & ſans la lumiere ils n'en ont aucune. Cela ſe démontre par les expériences de M. Newton, ſuivant leſquelles ſi on expoſe un corps de quelque couleur qu'il ſoit lorſqu'on le voit au grand jour, ſi on l'expoſe, dis-je, à une lumiere homogéne & ſimple de la même eſpece, il paroît de la couleur qui lui eſt propre ; mais ſi en plein jour le corps eſt, par exemple, rouge ou verd, il paroîtra néanmoins jaune ou bleu, s'il ſe trouve ſur le paſſage de la lumiere ſimple jaune ou bleue : on remarque ſeulement que s'il reçoit la lumiere analogue à la couleur dont il paroît durant le jour, il la refléchit plus vive & plus abondante que les autres couleurs ; cependant il les refléchit toutes indifféremment.

Ainsi les corps paroissent teints des couleurs dont ils refléchissent la lumiere, rouges, verds, bleus s'ils refléchissent la lumiere rouge verte & bleue toutes pures; si les rayons refléchis sont mélangés, la couleur est composée & elle peut varier infiniment selon le nombre des couleurs & la quantité du mélange. Mais que devient le reste de la lumiere étherogéne & blanche qui venant du Soleil ou d'un flambeau n'est point refléchie ? Elle pénétre les corps colorés & se perd en dedans. Car tous les corps sont poreux ou percés d'un nombre innombrable de petits trous, & l'on peut dire qu'ils sont transparens jusqu'à une certaine profondeur; ainsi qu'on peut s'en assurer en les sçiant en lames fort minces, car alors on voit le jour à travers; c'est pourquoi la lumiere qui ne contribue en rien à former la couleur s'insinue comme dans un milieu transparent, & elle s'y refracte de même; mais ne pouvant pénétrer d'un bout à l'autre elle se perd après bien de réfractions & de refléxions, & c'est l'extinction de cette lumiere qui fait que les corps paroissent opaques.

## *L'Arc-en-Ciel.*

29. L'arc-en-Ciel ou l'Iris est un de ces phénomenes qui rendent attentifs toutes les fois qu'ils paroissent; quoique l'apparition de celui-ci soit fréquente, on ne s'en lasse point, on le trouve toujours nouveau, & on se fait un plaisir de le considérer; la varieté & la vivacité des couleurs qui brillent dans ses bandes colorées, la courbure reguliere de son arc qui est tantôt surbaissé, tantôt en plein ceintre sont autant d'objets qui piquent la curiosité, & l'esprit n'est point content qu'il n'en ait découvert la véritable cause.

30. M. Decartes a prouvé dans sa dioptrique & a fait comme toucher au doigt que l'Arc-en-Ciel procéde de la maniere dont les rayons se réfractent & se refléchissent dans les goutes de pluye, ensorte qu'il n'y a aucun lieu de douter que les choses ne se passent dans ce phénomene comme il les a décrites; excepté qu'il explique les cou-

leurs par des causes différentes de celles que l'expérience a fait trouver à M. Newton ; mais pour ce qu'il y a de géometrique son explication a été reçûe & approuvée de la plûpart des Sçavans. M. Mariotte qui n'est pas toujours favorable à cet auteur, après avoir dit dans son traité des couleurs qu'Antoine de Dominis auteur Italien dans un livre imprimé en 1611, explique asses bien l'Arc-en-Ciel intérieur par deux réfractions & une refléxion dans une même goute, mais qu'il s'est trompé en ce qu'il a cru que les rayons qui tombent sur les extrémités des goutes produisoient l'Arc-en-Ciel exterieur par deux réfractions & une seule refléxion, ajoute.... Enfin M. Decartes a expliqué l'Arc-en-Ciel interieur par deux réfractions & une refléxion, & l'exterieur par deux réfractions & deux refléxions sur une même goute d'eau avec tant d'exactitude & de vraisemblance, qu'il y a peu de Sçavans qui n'en soient demeurés d'accord.

31. L'Arc-en-Ciel paroît ordinairement double, l'un est interieur & l'autre exterieur ; les couleurs y sont dans un ordre renversé & les mêmes que le prisme développe, & elles s'arrangent aussi selon le degré propre de refrangibilité. Dans l'arc interieur le rouge est exterieur, & le violet qui est le plus refrangible est le plus interieur ; & au contraire dans l'arc exterieur le rouge est le plus interieur & le violet le plus exterieur. Ces deux arcs sont l'un audessus de l'autre & l'exterieur renferme l'interieur : car ils sont concentriques comme des arcs de cercle qu'on décriroit d'un même centre.

32. La refraction toute seule sans la refléxion ne sçauroit rendre visibles les couleurs de l'Arc-en-Ciel, car le spectateur est situé entre le Soleil & le Phénomene : or la réfraction toute seule détermine la lumiere à s'éloigner du Soleil ou de l'objet lumineux comme il paroît par tout ce qu'on a dit de la refraction de la lumiere à travers les verres ; cependant dans l'Arc-en-Ciel après que les rayons ont pénétré dans une goute de pluye au lieu de prendre en sortant de la goute un cours qui les éloigne du Soleil, ils

doivent au contraire, en rentrant dans l'air, revenir vers cet aſtre & s'en approcher, puiſque le ſpectateur l'a derriere lui, & que d'ailleurs ce ſont ces rayons là même qui produiſent les couleurs viſibles du phénomene : or ce détour & ce retour ne peuvent être l'effet de la ſeule réfraction : il eſt donc néceſſaire qu'entre les deux réfractions qui ſe font à l'entrée & à la ſortie de la goutte, il y ait quelque réflexion, une ſeule ſuffit dans l'arc interieur ; mais il en faut deux dans l'arc exterieur, ſans quoi les rayons colorés n'arriveroient point à l'œil.

33. M. Decartes conſidérant un balon de verre plein d'eau comme une goutte de pluye l'expoſa à la lumiere du Soleil, & ſe plaçant entre l'aſtre & le balon, il s'approcha & s'éloigna juſqu'à ce qu'il vît un rouge vif, il meſura l'angle que les rayons de cette couleur faiſoient avec un des rayons, qui partant du centre de l'aſtre paſſoit par la prunelle, & il trouva que cet angle viſuel étoit d'environ 42 degrés ; ſi l'angle augmentoit la couleur diſparoiſſoit, & il ne voyoit plus que du blanc ; ſi l'angle de 42 degrés diminuoit le rouge diſparoiſſoit, mais il voyoit d'autres couleurs : or dans l'Arc-en-Ciel interieur les rayons qui viennent de l'extrémité ſuperieure de la bande rouge font avec le rayon qui part du centre du Soleil & qui paſſe par l'œil du ſpectateur un angle d'environ 42 degrés, d'où il ſuit que pour voir les couleurs de l'arc interieur il eſt néceſſaire que les rayons après deux réfractions & une refléxion entre deux parviennent à l'œil ſous un certain angle, & que l'angle du rouge eſt le plus grand, l'angle que les autres rayons colorés font avec le rayon direct qui part du centre diminuant de plus en plus juſqu'aux rayons violets qui le font le moindre de tous.

34. M. Decartes s'approchant d'avantage du balon plein d'eau, afin d'augmenter l'angle viſuel, il s'en approcha juſqu'à ce qu'il vît une ſeconde fois du rouge, il meſura l'angle que ces rayons colorés faiſoient avec le rayon direct qui partoit du centre du Soleil, & il trouva qu'il étoit d'environ 51 degrés : ſi cet angle augmentoit

il voyoit d'autres couleurs, mais s'il diminuoit il ne voyoit plus que du blanc. L'on conclura comme dans le nomb. précedent que les rayons qui après deux refractions & deux refléxions produisent l'Arc-en-Ciel exterieur doivent arriver à l'œil sous un angle d'une grandeur déterminée sans quoi les couleurs disparoissent, & que cet angle formé par les rayons rouges & le rayon direct qui part du centre du Soleil & passe par la prunelle est le moindre & qu'il augmente à l'égard des autres couleurs, ensorte que les rayons violets le font le plus grand de tous. Comparant l'angle de 51 degrés que les rayons rouges de l'arc exterieur font avec le rayon direct qui passe par l'œil, avec l'angle que les rayons rouges de l'arc intérieur font avec le même rayon direct, on trouvera que leur différence est d'environ 9 degrés; ainsi l'arc interieur est distant de l'exterieur d'environ 9 degrés conformément à l'observation.

35. Après avoir exposé ce que l'expérience apprend de l'Arc-en-Ciel, il reste à examiner d'où vient que les couleurs ne se manifestent que sous certains angles; car la lumiere qui entre dans une goutte se refléchit en-dedans diversement, & à chaque refléxion il en sort quelque partie, ensorte qu'elle peut venir à l'œil de tous les points de l'hemisphere qui est tourné vers le spectateur, & faire différens angles avec le rayon direct qui vient du centre du Soleil, & qui passe par la prunelle.

Pour éclaircir la question proposée, il faut d'abord considérer ce qui arrive aux rayons qui partent du centre du Soleil, & qui entrant dans une goutte de pluye après s'être refractés à l'entrée font une ou deux refléxions avant que d'en sortir. 1°. Le rayon SA ( *Fig.* 106.) étant perpendiculaire à la surface spherique, & passant par le centre O entre & sort sans se rompre; mais le rayon FG parallele au rayon SA étant oblique à la perpendiculaire d'incidence OF, se plie & s'approche de cette perpendiculaire faisant l'angle OFM, dont le sinus est au sinus de l'angle d'inclinaison OFK comme 3 à 4; car on considére ici la lumiere comme étant encore composée de toutes

les couleurs, & dont la refraction se fait dans le rapport de 4 à 3 lorsqu'elle passe de l'air dans l'eau. Le rayon rompu FM rencontrant la surface spherique en M. se reflechira suivant ME, faisant l'angle d'inclinaison OME égal à l'angle d'inclinaison OMF; & se rompant en E se détournera suivant ER, & fera avec EV parallele à SAO l'angle REV. 2°. Si le rayon FG ( *Fig.* 107. ) après s'être plié suivant FM fait deux refléxions avant que de sortir de la goute, il ira d'abord en E, d'où il sera reflechi en D, & sortant de la goutte se rompra suivant DR, & fera avec DV parallele à SAO l'angle VDR. Cela posé, trois conditions sont nécessaires de la part de la lumiere pour que l'œil voye les couleurs de l'Arc-en-Ciel. 1°. Qu'elle soit en quantité suffisante ou asses abondante pour émouvoir l'organe de la vûe. 2°. Que les rayons qui sortent d'un point sensible d'une goutte soient paralleles ou peu divergens, car s'ils étoient fort divergens, dans une grande distance ils se dissiperoient ou s'affoibliroient au point de n'avoir plus la force d'ébranler l'organe; car on sçait que la force de la lumiere ou sa quantité diminue en raison inverse des quarrés des distances. 3°. Les refractions de la lumiere ne doivent point se faire en sens contraires, comme lorsqu'elle passe à travers un milieu dont les surfaces sont paralleles, mais les rayons rompus & reflechis doivent faire une courbure continue, ensorte qu'ils forment une même concavité. Car s'ils alloient en zig-zag comme lorsqu'ils traversent un milieu terminé par des surfaces paralleles, la seconde refraction détruiroit l'effet de la premiere, de sorte que les rayons des différentes couleurs ayant commencé à se séparer dans la premiere refraction se mêleroient de nouveau, & se confondroient en une lumiere blanche dans la seconde refraction : ainsi les couleurs demeureroient invisibles, & cependant les deux refractions doivent concourir à les demêler.

36. La seule inspection de la figure suffit pour appercevoir que cette troisiéme condition se trouve dans la lumiere refractée à travers une goutte de pluye, & reflé-

chie une ou deux fois entre les deux refractions ; car le rayon incident GF s'approche d'abord de la perpendiculaire d'incidence FO & se plie sur FM, & après s'être refléchi vers E & ensuite vers D, s'il y a deux refléxions, il sort de la goutte en s'éloignant de la perpendiculaire d'incidence EO ou DO; or il est visible que les parties GFMER, ou GFMEDR font une courbure continue, & qu'elles sont comprises dans une même concavité sans zig-zag ; donc les deux refractions de la lumiere en F & en E, ou en F & en D doivent concourir à demêler les couleurs qui sont dans la lumiere blanche du Soleil.

37. A l'égard des deux autres conditions il n'y a que le calcul qui les puisse verifier. On cherche quel est le plus grand angle N ou REV que le rayon ER après la refraction en F & en E, & la refléxion en M fait avec l'incident GF prolongés l'un & l'autre en N. (*Fig.* 106.) Car ce plus grand angle étant connu, on sçaura qu'en deçà & en delà du rayon incident GF il y en aura plusieurs, qui après deux refractions & une refléxion entre deux sortiront près du rayon ER, & feront avec leurs incidens des angles sensiblement égaux à l'angle REV, & par conséquent paralleles à ER, & feront aussi en quantité suffisante pour ébranler l'organe de la vûe. Car telle est la nature des quantités qui augmentent & qui ensuite diminuent, ou qui diminuent & augmentent ensuite, qu'autour de la plus grande & de la plus petite, il y en a plusieurs qui leur sont sensiblement égales. Par exemple, dans le cercle de part & d'autre de la plus grande des ordonnées au diamétre, laquelle ne différe point du rayon il y en a plusieurs qui lui sont très-sensiblement égales. De même on a vû que pour déterminer le point de concours des rayons paralleles à l'axe, après qu'ils ont traversé un verre spherique, on a cherché le point de concours de celui qui en est le plus proche & qui souffre la moindre refraction, parce qu'autour de ce rayon incident il y en a plusieurs, qui quoique considérablement éloignés de l'axe ne laissent pas de concourir sensiblement à la même

diſtance que le rayon qui en étant le plus proche ſe refracte le moins. Il eſt aiſé d'appliquer ces exemples au ſujet dont il s'agit. Par une raiſon ſemblable on cherche le moindre angle DNF ou DRT, en menant RT parallele à GF, que le rayon rompu DR après deux refractions en F D, & deux refléxions entre deux, ſçavoir, en M & en E fait avec le rayon incident FG. (*Fig.* 107.)

58. La raiſon pourquoi on cherche dans la premiere de ces figures le plus grand angle N, & dans la ſeconde le moindre angle N ou DNF ou DRT, c'eſt que ſuivant l'obſervation à laquelle l'expérience de M. Decartes eſt conforme, les couleurs de l'arc interieur ſe manifeſtent ſous un certain angle, & tel qu'il n'augmente que juſqu'à un certain point, après quoi ſi on veut les appercevoir ſous un plus grand, elles diſparoiſſent; il faut donc chercher le plus grand angle N ou ſon égal REV, ou encore ERT que le rayon rompu ER fait avec le rayon incident GF, ou avec le rayon RT qui vient auſſi du centre du Soleil & qui paſſe par la prunelle en ſuppoſant que l'œil eſt au ſommet R de cet angle, afin d'avoir l'angle ſous lequel les couleurs commencent à ſe manifeſter. De même les couleurs de l'arc exterieur paroiſſent ſous un certain angle, lequel diminuant juſqu'à un certain point elles s'évanouiſſent ſi on veut les voir ſous un moindre; il faut donc chercher le plus petit angle DNF ou DRT ſous lequel elles commencent à paroître.

59. Cela poſé, on peut trouver le plus grand angle ERT ou le moindre DRT en deux manieres. 1°. Par la méthode que MM. Decartes & Mariotte ont ſuivie, qui conſiſte à faire le calcul pour les rayons paralleles à l'axe SAO qui tombent ſur le quart de cercle AB de degré en degré ou même de minute en minute, & à déterminer les angles N ou R qui leur répondent; cette métode eſt longue, pénible & tatoneuſe, parce qu'en la ſuivant on ne fait qu'approcher du point précis ſans y arriver, comme on peut s'en aſſurer en ouvrant les tables que ces auteurs ont dreſſées de leurs calculs. La ſeconde maniere de

trouver le plus grand angle N ou ERT, & le moindre N ou DRT, c'eſt de ſe ſervir d'une regle que M. Newton a donnée, & qui eſt démontrée dans les leçons préliminaires phyſicomathematiques de M. Whiſton. Suivant cette regle, qu'on rapportera après dans les termes qu'elle eſt conçue, le rayon incident GF étant éloigné de l'axe de 59 d. 24′ fera avec le rayon rompu ER le plus grand N ou R de 42 d. 2′; tout autre rayon qui tombera à une plus grande ou à une moindre diſtance de l'axe fera avec le rayon rompu qui ſe ſera refléchi une fois en dedans de la goutte avant que d'en ſortir, un angle moindre que de 42 d. 2′. Suivant la même regle le rayon GF qui tombe ſur la goutte à 71 d. 54′ loin de l'axe, fait avec le rayon rompu DR qui s'eſt refléchi deux fois en dedans de la goutte avant que d'en ſortir, le moindre angle de 50 d. 57′; tout autre rayon qui tombera ſur la goutte plus près ou plus loin de l'axe fera avec le rayon rompu un plus grand angle. Cela paroît encore à quelque petite différence prés par les tables que M. Mariotte a calculées pour les deux arcs interieur & exterieur.

40. On peut conclure de là & des remarques précédentes que la lumiere qui ſortant d'une goutte d'eau, après s'y être refléchie une fois, fait avec la direction de la lumiere incidente un angle de 42 d. 2′, & celle qui en ſort après s'être refléchie deux fois, ſous un angle de 50 d. 57′ eſt plus abondante & plus forte que tout autre lumiere, qui après un égal nombre de refléxions en ſort ſous d'autres angles. Si cette lumiere étoit homogéne elle ſortiroit toute parallele à elle-même ou très-peu divergente, mais parce qu'elle eſt compoſée de rayons différemment refrangibles, & que d'ailleurs les deux refractions qu'elle ſouffre tendent à les demêler; il s'enſuit que la lumiere qui ſort d'une goutte ſous les angles qu'on vient de déterminer étant reçue à une grande diſtance ſur une toile y peindroit une image oblongue & colorée, comme fait la lumiere qui ſort d'un priſme triangulaire. Si l'œil ſe trouve dans le cours de cette lumiere il verra quelqu'une des

Souffre

couleurs, mais il ne pourra pas les voir toutes dans la lumiere refractée par une seule goutte, parce que les rayons différemment colorés étant divergens, la prunelle est trop étroite pour les recevoir tous, on peut donc supposer que l'œil ne voit gueres qu'une couleur dans la lumiere qui sort d'une goutte & que les autres lui échappent; si l'œil est, par exemple, en R & que les rayons ER DR soient rouges, les rayons bleus EZ DZ qui font avec les perpendiculaires d'incidence EO DO les plus grands angles comme etant les plus refrangibles, ne rencontreront point la prunelle supposée en R dans le cours de la lumiere rouge : il en sera de même des rayons des couleurs intermédiaires. Ainsi l'œil ne verra gueres que le rouge dans la lumiere qui sort de la goutte. Il faut donc que la lumiere des autres couleurs vienne d'autres gouttes; mais il faut déterminer sous quels angles elle doit arriver à la prunelle.

41. On vient de dire que les rayons rouges (*Fig.* 106.) après deux réfractions & une refléxion arrivent à l'œil sous un angle N ou REV ou ERT de 42 d. 2′, les rayons les plus refrangibles comme le violet, s'écartant d'avantage de la perpendiculaire d'incidence y arriveront sous un moindre angle, tel que ZEV ou TRX. si on fait le calcul sur le rapport de la refraction propre à ces rayons, que M. Newton donne égal à celui de 109 à 81 lorsque le passage se fait de l'air dans l'eau, on trouve que le rayon rompu EZ fait avec l'incident GF le plus grand angle N ou ZEV ou TRX de 40 d. 17′; c'est pourquoi les gouttes d'eau qui fournissent à l'œil les rayons violets doivent être éloignées de celles qui lui envoyent les rayons rouges ER, d'un angle ERX de 1 d. 45′. On a dit aussi que les rayons rouges DR qui sortent d'une goutte, après deux refractions & deux refléxions, font le moindre angle N ou VDR ou DRT de 50 d. 57′; donc les rayons les plus refrangibles ou les violets DZ s'écartant d'avantage de la perpendiculaire d'incidence feront l'angle VDZ plus grand que DRT : donc si du point R où est la prunel-

le on tire RX parallele à DZ, il sera nécessaire que les rayons violets parviennent à l'œil sous l'angle TRX plus grand que DRT ; & le calcul étant fait sur le rapport de 109 à 81, qui est propre aux rayons les plus refrangibles ou les violets, on trouve que l'angle VDZ ou TRX qui est le moindre, que ces rayons fassent dans l'Arc-en-Ciel exterieur est de 54 d. 7′; c'est pourquoi les gouttes d'eau d'où les rayons violets doivent venir à l'œil en R sont éloignées de celles d'où viennent les rayons rouges d'un angle DRX de 3 d. 10′.

42. Puisque ER EZ & DR DZ sont les rayons extrémes de la lumiere colorée qui sort des gouttes ; il s'ensuit que l'image qu'elle peindroit seroit comprise dans l'angle REZ, RDZ, & que l'œil la verroit sous un angle égal ERX DRX, si cette image étoit seulement produite par la lumiere qui vient du centre du Soleil ; mais les rayons qui viennent de l'un des bords, tel que HF, font avec les rayons GF qui viennent du centre un angle HFG d'environ 15′ ; donc le rayon rompu E*h* D*h* qui correspond au rayon incident HF fera aussi avec ER un angle de 15′ ; & parce que l'incident HF fait avec la perpendiculaire d'incidence FO un angle moindre que celui que fait l'incident GF, il s'ensuit que le rayon émergent E*h* ou D*h* fera aussi avec la perpendiculaire d'incidence EO ou DO un moindre angle que ne fait ER ou DR ; par conséquent l'image entiere sera comprise entre les côtés des angles *h*EZ *h*DZ plus grands que les angles REZ ou RDZ : or la lumiere qui vient du bord de même que celle qui vient du centre & celle qui vient des points d'entre d'eux se décompose aussi en ses couleurs : ainsi le trait E*h* ou D*h* est composé de toutes les couleurs de l'Arc-en-Ciel & elles se demêlent & se séparent les unes des autres, comme celles du trait ER ou DR ; donc si ces deux traits se confondoient en un, les couleurs de l'un se trouveroient étendues sur les couleurs de la même espece de l'autre, le rouge sur le rouge, le bleu sur le bleu : mais parce que les traits ER E*h* (*Fig.* 106.) font un an-

gle, les couleurs d'une même espece feront aussi un angle dans les deux traits; ainsi il arrivera que les couleurs de différentes especes se rencontreront dans les deux traits & qu'elles se melêront, par exemple, le rouge de l'un avec le jaune ou l'orangé de l'autre; par conséquent les couleurs du trait E*h* en augmentant l'image ternissent les premieres en se mêlant avec elles. Si l'on tire *e*R parallele à E*h* ou D*h*, l'angle sous lequel l'œil en R verra toutes les couleurs sera égal à l'angle *e*RX, mais elles seront moins pures & moins vives que s'il ne les voyoit que par la lumiere qui vient du centre.

43. Il est clair que l'angle ERT formé par les rayons rouges qui viennent du centre du Soleil & par le rayon direct RT qui vient aussi du centre, & qui passe par la prunelle, est augmenté de l'angle ER*e*, que les mêmes rayons rouges font avec les rayons rouges *e*R qui viennent du bord du Soleil, mais l'angle DRT est diminué de l'angle DR*e* que ces mêmes rayons font entr'eux: or on verra bientôt que l'angle ERT a pour base le demi diamétre de l'arc interieur à le prendre depuis le rouge que les rayons ER font voir: mais puisque l'angle ERT qui est de 42 d. 2' est augmenté de l'angle ER*e* de 15', il s'ensuit que l'angle *e*RT sera de 42 d. 17', & que l'angle ERX qui étoit de 1 d. 45' étant aussi augmenté de l'angle ER*e* sera de 2 d. 2'; ainsi l'angle *e*RX sous lequel l'œil verra la longueur de l'image, ou la largeur de toutes les bandes colorées de l'Arc-en-Ciel interieur sera de 2 d. 2'. On verra aussi que l'angle DRT a pour base le demi diamétre de l'arc exterieur, à le prendre depuis le rouge que les rayons DR font voir; mais puisque cet angle est diminué de l'angle DR*e* de 15'; il s'ensuit que l'angle *e*RT ne sera plus que de 50 d. 42'; car l'angle DRT est de 50 d. 57', & l'angle RDZ ou DRX qui étoit de 3 d. 10' sera augmenté de 15'; c'est pourquoi la largeur de toutes les bandes colorées de l'arc exterieur soutendra un angle *e*RX de 3 d. 25'. D'où l'on voit que la lumiere qui vient du bord du Soleil augmente la hauteur de l'arc in-

terieur en augmentant la largeur des bandes colorées ; mais en faiſant cette augmentation dans l'arc exterieur, il en diminue la hauteur.

44. Après avoir conſideré la lumiere colorée qu'une goutte en particulier envoye à l'œil, il reſte à voir comment une infinité de gouttes envoyant chacune une certaine quantité de lumiere colorée, il s'en forme l'apparence de l'un & de l'autre arc. Suppoſons que O (*Fig.* 108) eſt l'œil du ſpectateur, & OP une ligne parallele aux rayons qui partent du centre, elle a été nommée le rayon direct qui paſſe par la prunelle ; dans ce qui ſuit elle ſera appellée l'axe de l'arc, parce qu'elle paſſe par ſon centre. Et ſoient POE, POF, POG, POH des angles de 40 d. 17′, 42 d. 2′, 50 d. 57′ & 54 d. 7′ ; ces angles ſont les mêmes que ceux qui dans les figures 106 107 ont été TRX ERT nommés ~~ERT~~, ~~TRX~~, DRT, TRX. Tous ces angles étant mûs autour de leur côté commun ou axe OP, décriront par leurs autres côtés OE, OF, OG, OH les bords ou extrémités des deux Iris ou Arcs-en-Ciel AFBE, CHDG ; & ſi E, F, G, H ſont des gouttes de pluye placées ſur les circonférences décrites par les extrémités des lignes OE, OF, OG, OH, & qu'elles ſoient éclairées par les rayons du Soleil SE, SF, SG, SH qui viennent du centre, l'œil ſuppoſé en O ſe trouvera préciſement dans le cours de la lumiere violette ou rouge la plus abondante qui lui puiſſe venir de ces gouttes après une ou deux refléxions en dedans. Car le bleu le plus fort ou le plus foncé, après une refléxion dans la goutte E en ſort faiſant avec l'axe OP un angle EOP de 40 d. 17′. De même le rouge le plus vif qui ſort de la goutte F fait avec le même axe un angle FOP de 42 deg. 2′. Le rouge le plus denſe qui ſort de la goutte G, après deux refléxions en dedans fait avec OP l'angle GOP de 50 d. 57′. Enfin le violet qui après un égal nombre de refléxions en dedans ſort de la goutte H, fait auſſi avec OP un angle HOP de 54 d. 7′ ; donc l'œil placé en O eſt dans le

plus fort du courant des lumieres violette & rouge. Si plusieurs gouttes se trouvent sur les lignes OE OH, la lumiere s'y étant refléchie en dedans une ou deux fois, elles envoyeront toutes à l'œil des rayons de la même couleur, & la lumiere étant plus dense le violet en sera plus sensible. Pareillement les gouttes qui seront sur OF OG, après que la lumiere s'y sera refléchie une ou deux fois en dedans, feront voir un rouge foncé ; les gouttes qui seront entre E F ou entre GH feront sentir les autres couleurs intermédiares ; & parce que les gouttes qui sont sur les circonférences décrites par les lignes OE, OF, OG, OH envoyent à l'œil en O les mêmes couleurs que les gouttes E, F, G, H ; il s'ensuit que de leur assemblage il se formera des bandes circulaires colorées de violet & de rouge.

Les rayons qui sortent des gouttes comprises entre ces deux bandes en formeront d'autres qui seront aussi colorées des couleurs qui leur sont propres, dans le même ordre & en même nombre que le prisme les développe, sçavoir dans l'arc interieur allant du dedans vers le dehors, le violet, l'indigo, le bleu, le vert, le jaune, l'orangé & le rouge, & poursuivant dans l'arc exterieur ce sera d'abord le rouge, ensuite l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo & le violet qui est le plus exterieur.

45. Il paroît par ce qui a été dit au nombre 43. que la largeur EF de l'arc interieur, laquelle ne seroit que de 1 d. 45′ est augmentée en dehors de 15′ par la lumiere qui vient du bord du Soleil, & que le diamétre ou la hauteur de cet arc ainsi augmenté est de 42 d. 17′ ; mais la largeur GH de l'arc exterieur est augmentée en dedans d'une égale quantité, elle est donc de 3 d. 25′, au lieu qu'elle ne seroit que de 3 d. 10′, & la moindre hauteur de cet arc ou la distance qu'il y a de l'axe OP à la goutte G, laquelle seroit de 50 d. 57′ ne sera plus que de 50 d. 42′.

46. Remarque. Ceux qui voudront calculer eux mêmes le plus grand angle FNE que le rayon émergent ER

prolongé fait avec le rayon incident GF aussi prolongé en N après s'être refléchi une fois dans la goutte, ou bien le moindre angle DNF, que fait le rayon rompu DR avec l'incident GF après s'être refléchi deux fois dans la goutte, pourront suivre ou le procédé de M. Mariotte, ou se servir de la regle de M. Newton. Pour cet effet on remarquera d'abord qu'à quelque distance de l'axe que le rayon incident parallele GF rencontre la goutte, l'angle OFM (*Fig.* 106.) que le rayon rompu FM fait avec la perpendiculaire OF est égal à l'angle OEM, que le rayon refléchi ME fait aussi avec la perpendiculaire EO. Car les deux cordes FM ME sont égales, parce que les angles d'inclinaison OMF OME sont égaux par la proprieté de la refléxion; d'où il suit que les triangles FOM EOM sont égaux en tout: or si le rayon rompu FM revenoit sur lui-même faisant l'angle d'inclinaison OFM, il se redresseroit, & en entrant dans l'air, il reprendroit sa premiere situation FG, ensorte que l'angle d'inclinaison OFM seroit augmenté de l'angle NFM: donc le rayon incident ME faisant avec la perpendiculaire EO l'angle OEM de la même grandeur s'en éloignera d'autant en rentrant dans l'air, & fera l'angle OEN égal à l'angle OFN, c'est-à-dire que l'angle de refraction à la sortie de la goutte sera égal au premier angle d'inclinaison OFN. Cela posé, il est évident que les deux triangles isoscelles FME FNE qui ont une même base FE sont divisés en deux parties égales par la ligne OMN, tirée du centre à l'un des angles M ou N, par conséquent les angles M & N sont divisés en deux parties égales; or le rayon incident GF prolongé en N étant parallele à l'axe AOC, l'angle COM est égal à son alterne ONF; donc on aura la moitié de l'angle FNE en connoissant l'arc CM qui mesure l'angle COM: mais la distance AF du rayon incident GF étant donnée, l'arc FC qui est son supplement est aussi donné; de plus l'angle OFN, qui à cause des paralleles AC GN est mesuré par l'arc AF est aussi donné, de même que le rapport de la refraction

qu'on ſuppoſe égal à celui de 4 à 3, lorſque la lumiere paſſe de l'air dans l'eau ; donc on connoîtra l'angle de refraction OFM par cette proportion 4 . 3 : : ſinus OFN. ſinus OFM, donc l'angle OMF auquel ce dernier angle eſt égal ſera connu, comme auſſi l'angle FOM qui eſt le ſupplement de leur ſomme. Or cet angle eſt meſuré par l'arc FM, donc l'arc AFM ſera connu, & étant retranchée de 180 d., l'arc CM ſera auſſi connu, & étant doublé on aura l'angle entier FNE. Cela poſé, ſi on veut trouver les différens angles N ou FNE que le rayon émergent ER fait avec l'incident FG ou avec tout autre parallele à l'axe SAO, on ſuppoſera que le rayon GF tombe ſur la goutte à un degré à 2 à 3 à 4 à 5 degrés, &c. du point B, l'arc AB étant de 90 degrés ; & approchant ainſi le rayon incident GF de l'axe de degré en degré, on verra que l'angle FNE augmentera d'abord, juſqu'à ce que l'incident GF ne ſoit plus éloigné de l'axe que de 59 d. 24′ ; & que s'il s'en approche d'avantage l'angle N ira en diminuant. On ſçaura donc par ce calcul ſemblable à celui par lequel M. Mariotte a dreſſé ſa table pour l'arc interieur, que le plus grand angle N a lieu lorſque l'incidence ſe fait à la diſtance de 59 degrés 24′ de l'axe.

47. Si on veut auſſi trouver les différens angles que le rayon émergent DR fait avec l'incident GF, après s'être refléchi deux fois en dedans de la goutte, on obſervera que l'angle de refraction OFI eſt égal à l'angle d'inclinaiſon ODE que le rayon refléchi ED fait avec la perpendiculaire DO, & que l'angle de refraction OD*b* eſt égal à l'angle d'inclinaiſon OFK par des raiſons ſemblables à ce qui a été dit au ſujet de l'autre figure. Cela poſé, ſi on ſuppoſe que le rayon incident GF rencontre d'abord la goutte à la diſtance d'un, de 2, de 3, de 4, de 5, de 6 degrés &c. du point B éloigné du point A de 90 degrés, on verra que l'angle FND ou ſon égal VDN diminue à meſure que l'incidence ſe fait plus près de A en s'éloignant de B, & qu'il eſt le moindre lorſ-

que le point d'incidence F eſt à 71 d. 54′ du point A; & que ſi le point F s'approche d'avantage, l'angle DNF ou DRT va enſuite en augmentant. On trouvera cet angle ou ſon égal VDN pour toutes ces différentes incidences l'arc AF étant donné. Car cet arc meſure l'angle d'inclinaiſon OFK, qui à cauſe des paralleles AC GK eſt égal à ſon alterne AOF qui ayant ſon ſommet au centre eſt meſuré par l'arc AF; de plus le rapport de la refraction eſt égal à celui de 4 à 3; donc une proportion ſemblable à celle du nombre précédent fera connoître l'angle OFI & ſon complement FOI, dont le double eſt meſuré par l'arc FM: or l'arc ME & l'arc ED ſont égaux à l'arc FM, parce qu'un rayon de lumiere tombant ſur une ſurface polie eſt reflĕchi de maniere que l'angle de refléxion eſt égal à l'angle d'incidence; d'où il ſuit que les angles d'inclinaiſon formés par les mêmes rayons & la perpendiculaire d'incidence ſont auſſi égaux, & que les cordes FM EM ED ſont égales, de même que les arcs qu'elles ſoutiennent; donc ſi de 360 degrés on retranche l'arc AFMED, l'arc AD ſera connu; cet arc eſt la meſure de l'angle AOD ou de ſon égal VD*g*, lequel étant retranché de l'angle gDN ou de ſon oppoſé OD*b*, ou encore de l'angle OFK leur égal, le reſte VDN ou ſon égal DNF, ou encore DRT ſera l'angle cherché que le rayon émergent DN ou DR fait avec les rayons SA GF RT qui viennent du centre du Soleil. Cette méthode eſt longue, car autant qu'il y a de degrés dans l'arc BF, autant faut-il d'opérations particulieres, & même à meſure qu'on approche du terme, il eſt néceſſaire de calculer ſur les minutes afin de frapper au but.

48. La regle de M. Newton fait trouver auſſitôt le point d'incidence F qui répond au plus grand angle FNE (*Fig.* 106.) ou au moindre DNF. (*Fig.* 107.) Suppoſant que le rapport de la refraction eſt égal à celui de 4 à 3, lorſque la lumiere paſſe de l'air dans l'eau, que 4 eſt repréſenté par $i$, & 3 par $r$, les quarrés ſeront $ii = 16$, & $rr = 9$, & leur différence ſera $ii - rr = 16 - 9 = 7$,

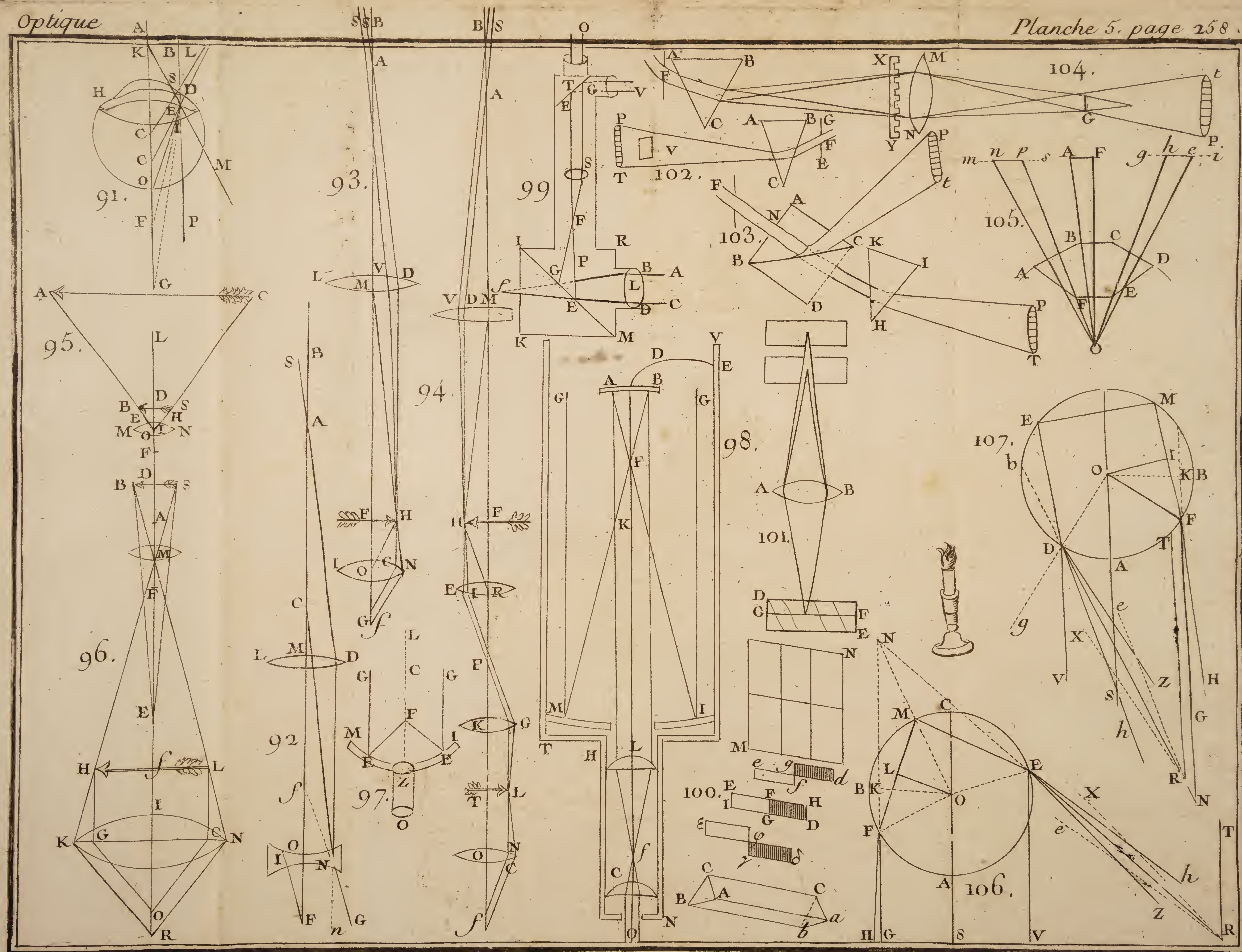
&

& le triple quarré de $r$ sera $3rr = 27$, & leurs racines quarrées seront $\sqrt{ii - rr} = \sqrt{7}$ & $\sqrt{3rr} = \sqrt{27}$. Les racines approchées de 7 & de 27 sont 2645 & 5196, donc $\sqrt{ii-rr} = 2645$ & $\sqrt{3rr} = 5196$ : or suivant M. Newton, lorsque le rayon FG tombe au point F, qui répond au plus grand angle N, (*Fig.* 106.) on a cette proportion $\sqrt{3rr} = 5196$ est à $\sqrt{ii-rr} = 2645$, comme le sinus total FO=100000 est au sinus FK de l'angle FOK ou de l'arc FB ; par conséquent on aura le point d'incidence F où le rayon GF doit rencontrer la goutte d'eau pour que s'étant rompu suivant FM, & refléchi suivant ME, il sorte faisant avec son incidence le plus grand angle GNR ou FNE. L'arc AF étant connu, on trouvera ensuite quel est ce plus grand angle N comme il a été dit.

49. S'il s'agit de trouver le moindre angle N que fait le rayon émergent DR avec sa premiere incidence GF, après s'être refléchi deux fois en dedans de la goutte, on déterminera le point F ou l'arc FB par cette autre proportion $\sqrt{8rr} = \sqrt{72}$ est à $\sqrt{ii - rr} = 2645$. Comme le sinus total FO=100000 est à FK sinus de l'arc FB. La racine approchée de $8rr$ ou de 72 est 8485. Les trois premiers termes connus de cette proportion feront trouver le quatriéme ou le sinus de l'arc FB : on cherchera ensuite quel est l'angle N qui répond à l'incidence au point F déterminé par la proportion. Si après avoir trouvé le point F qui répond au plus grand ou au moindre angle N, en supposant que le rapport de la refraction est égal à celui de 4 à 3 qui est propre aux rayons les moins refrangibles, on veut avoir le plus grand ou le moindre angle N pour les rayons les plus refrangibles comme les violets, on supposera pour l'un & pour l'autre cas que le rayon incident GF est un rayon violet ; pour lors le rapport de la refraction sera égal à celui de 109 à 81, le passage devant se faire de l'air dans l'eau, & l'on opérera pour ce rayon comme on a fait pour les rayons les moins refrangibles.

*Les Couronnes, les Parélies & les Paraſelenes.*

50. Les ſentimens ne ſont point partagés ſur la matiere de l'Arc-en-Ciel, on ſçait que ce phénomene ne paroît que lorſqu'il pleut, & que ce ſont les gouttes de pluye éclairées de la lumiere directe du Soleil qui en produiſent l'apparence; leur figure eſt connue, & l'on ſçait de qu'elle façon la lumiere s'y refracte & s'y reflèchit. Si l'on connoiſſoit avec autant de certitude la figure des vapeurs ou des autres matieres tranſparentes qui ſe ſoutiennent dans l'air & qui font voir de tems en tems des couleurs d'une regularité approchante de celles de l'Arc-en-Ciel, comme les couronnes que l'on voit quelque fois autour des aſtres, les parélies ou faux Soleils, les paraſelenes &c, on en pourroit donner des explications qui feroient auſſi bien fondées & auſſi certaines; mais lorſque ces phénomenes ſe manifeſtent rien ne tombe du Ciel, & on ne peut s'aſſurer de rien; ainſi ceux qui entreprennent d'en rendre raiſon ſont obligés de ſuppoſer des figures & un arrangement de parties dans la matiere qui eſt le ſujet de ces phénomenes, & de les faire quadrer quoiqu'arbitrairement ſuppoſés aux principales circonſtances. Il eſt vrai qu'un même effet peut procéder de différentes cauſes différemment combinées, mais cette généralité là même eſt une raiſon de douter ſi on a découvert les véritables, ou du moins ſi on en a rencontré d'équivalentes: or la diverſité d'opinions qui regne à cet égard, grande comme elle eſt laiſſe l'eſprit dans la défiance & dans une ſorte d'incertitude; c'eſt pourquoi on ſe feroit volontiers abſtenu d'entrer dans aucune explication de ces phénomenes. Mais faiſant refléxion qu'il eſt quelque fois utile dans des matieres ſemblables de rapprocher ce qui eſt ſeulement probable de ce qui eſt indubitablement certain, parce qu'en les mettant en parallele l'eſprit s'accoutume à diſcerner le vrai d'une maniere plus ſûre, & à diſtinguer les divers degrés de certitude; on s'eſt enfin déter-


91.
92
93.
94.
95.
96.
97.
98.
99
100.
101.
102.
103.
104.
105.
106.
107.

miné à dire quelque chose des Couronnes & des Parélies qui se forment autour des astres,

51. Les Couronnes sont des cercles lumineux & pour l'ordinaire colorés qui paroissent dans certains tems autour des astres, mais particulierement autour du Soleil & de la Lune ; elles différent de l'Arc-en-Ciel en ce qu'elles sont horisontales & fermées de tous côtés : mais l'Arc-en-Ciel est vertical & ne contient qu'une portion de cercle, dont la corde est sur l'horison ; les couleurs des couronnes sont aussi moins vives.

Les Parélies sont des faux Soleils qui paroissent quelque fois dans les nuages en la présence du vrai Soleil ; & les paraselenes des fausses Lunes qui se forment de même. M. Decartes donne dans sa Dioptrique la description d'un Parélie pui parut à Rome en l'année 1629 le 20 Mars sur les deux ou trois heures après midi. CLMN (*Fig.* 108.) étoit un cercle blanc dans lequel se voyoient cinq Soleils, & il faut imaginer que le spectateur étant vers A ce cercle étoit pendant en l'air au-dessus de lui, ensorte que le point B répondoit au sommet de sa tête, & que les deux Soleils L & M étoient derriere ses épaules, lorsqu'il étoit tourné vers les trois KCN, dont les deux K & N étoient colorés en leurs bords & n'étoient ni si ronds ni si brillans que celui qui étoit vers C, ce-qui montre qu'ils étoient causés par refraction ; au lieu que les deux L & M étoient asses ronds, mais moins brillans & tous blancs, sans mêlange d'aucune autre couleur en leurs bords ; ce qui montre qu'ils étoient causés par refléxion.

Mais il y a encore ici deux choses asses remarquables. La premiere est, que le Soleil N qui étoit vers le couchant ayant une figure changeante & incertaine jettoit hors de soi comme une grosse queue de feu NOP qui paroissoit tantôt plus longue tantôt plus courte. La seconde chose qui reste ici à remarquer est qu'il y avoit deux couronnes autour du Soleil C peintes des mêmes couleurs que l'Arc-en-Ciel, & dont l'interieure DEF étoit beaucoup

plus vive & plus apparente que l'exterieure GHI.

52. Entre les différentes hypothéses qui ont paru pour rendre raison de ces phénomenes, celle de M. Huygens est très-ingénieuse & elle a été regardée comme la plus satisfaisante. Il suppose que des molecules de neige asses petites pour se soutenir dans l'air & ne pas tomber par leur propre poids, sont la matiere des Couronnes & des Parélies; il leur attribue deux figures, la spherique & la cylindrique; la spherique sert pour expliquer les Couronnes, & la cylindrique les Parélies. Lorsque ces phénomenes paroissent, il arrive aux deux sortes de corpuscules un changement que la chaleur y produit; ils se fondent en partie depuis la superficie jusqu'à une certaine profondeur, & deviennent par là transparens dans la partie qui a été fondue, & restent opaques dans celle qui ne l'a point été; la partie fondue & transparente sert d'enveloppe à la partie qui est demeurée opaque, & elle l'environne comme une péche son noyau, ou comme un concombre entoure la moële & la graine qui sont dedans. La partie fluide & transparente refracte la lumiere, & la partie qui est restée opaque modifie cette refraction, c'est-à-dire qu'elle détermine la lumiere à se refracter sous certains angles. Un corps spherique ayant une figure parfaitement uniforme n'affecte aucune situation particuliere; ainsi il n'est point nécessaire d'en imaginer une dans les globules qui produisent les Couronnes, laquelle leur convienne mieux que toute autre : mais les cylindres qui donnent lieu aux Parélies ont une position déterminée, il faut les concevoir droits ou leur longueur verticale & perpendiculaire à l'horison; ainsi situés ils refléchiront & refracteront une lumiere beaucoup plus abondante telle qu'il la faut pour la production des Parélies. Si les globules dont on vient de parler pouvoient en donner une quantité suffisante, ils pourroient aussi servir de matiere aux parélies, mais étant d'un diamétre plusieurs fois moindre que n'est la hauteur ou la longueur des cylindres supposés, ils ne peuvent fournir qu'une lumiere foible & semblable à celle des Couronnes: c'est

donc pour satisfaire pleinement au phénomene que M. Huygens a recours à la figure cylindrique.

## *Les Couronnes.*

53. Ces choses supposées, voici comme la lumiere se refracte dans les petites boules qui se sont fondues en partie & qui sont restées opaques dans la partie interieure. ADBS (*Fig.* 110.) est une de ces petites boules, EF le noyau ou le petit globule de neige qui n'ayant point été fondu est demeuré opaque, le reste de la petite boule c'est la partie qui a été fondue & qui est devenue transparente soit qu'elle conserve sa fluidité, soit qu'elle la perde en se gêlant. Supposons que deux rayons de lumiere GA HD qui viennent d'un point du Soleil, & qui sont par conséquent paralleles entr'eux rencontrent la boule supposée aux points AD, ils se refracteront de telle sorte à l'entrée & à la sortie qu'ils iront rencontrer l'axe qui passe par le centre Z au point K distant de la petite boule d'un demi diamétre de la surface spherique : ce qui se prouve de la même maniere que l'on a démontré qu'ils l'iroient rencontrer à la distance d'un quart du diamétre de la même surface, si la boule étoit de verre (on suppose que la lumiere passant de l'air dans l'eau, le rapport de la refraction est égal à celui de 4 à 3.) Si on imagine que les rayons rompus BK CK sont prolongés vers ML, ils formeront l'angle LKM ; & si l'on suppose de plus que les rayons incidens GA HD entrant dans la petite boule se refractent de maniere que les rayons rompus AB DC rasent ou touchent aux points E F la partie interieure & opaque, l'angle LKM sera privé de toute lumiere. Car les autres rayons tels que OS venant à tomber sur la petite boule en des points S plus distans de l'axe que ne le sont les rayons GA HD, seront refractés de maniere que les rayons rompus tels que TR rencontreront le même axe en des points V qui seront plus proches que n'est le point K ; par conséquent ils seront hors de l'angle LKM ; d'ailleurs l'espace compris dans cet angle ne peut recevoir aucune lumiere

des rayons qui tombent ſur la petite boule entre GA HD; parce que le noyau EF s'oppoſe à leur paſſage; donc l'eſpace compris entre les côtés KL KM ne reçoit aucune lumiere de la petite boule ADBS. Donc ſi l'œil ſe trouve entre les mêmes côtés toute la boule paroîtra opaque; mais s'il eſt hors de l'angle LKM elle lui paroîtra tranſparente au moyen de la lumiere refractée qui coule à droite & à gauche des côtés du même angle.

54. Si on tire les lignes IN PN paralleles aux côtés KL KM, elles formeront au point de concours N l'angle INP égal à l'angle LKM: or dis-je que toutes les petites boules compriſes dans l'angle INP ne fourniront par la refraction aucune lumiere à l'œil ſitué au ſommet N de cet angle. Conſidérons cet angle dans la figure 111 Je dis que les globules qui ſont dans l'angle INP, par exemple, les petites boules R K S qui ſont entre les côtés de cet angle ne donneront par la refraction aucune lumiere à l'œil en N; mais il en recevra de la boule X qui eſt hors de cet angle. Car on vient de prouver que les angles LSM, OKM, ERG ſont privés de toute lumiere, donc elle ne peut point couler des eſpaces compris entre leurs côtés vers l'œil N; les rayons rompus SL, SM, KM, KO, RE, RG qui forment ces angles étant paralleles aux côtés IN PN de l'angle INP ne peuvent point rencontrer l'œil parce qu'ils paſſent tous au-deſſus du point N: les rayons rompus qui ſont hors des angles LSM, OKM, ERG faiſant entr'eux des plus grands angles que les mêmes LSM, OKM, ERG paſſent auſſi au-deſſus du point N à une diſtance encore plus grande que les rayons SL, SM, KM, KO &c. Par conſéquent l'œil en N ne reçoit par la refraction aucune lumiere des petites boules compriſes dans l'angle INP. Mais il en recevra des boules qui ſont hors de cet angle; par exemple, il lui en viendra de la boule X. Car la lumiere refractée qui ſe trouve toute hors de l'angle DXZ eſt déterminée quoique divergente à couler vers N par conſéquent elle éclaire l'œil ſuppoſé en N.

55. Présentement il est aisé de concevoir comment les Couronnes lumineuses se forment autour du Soleil & de la Lune. Supposons qu'autour de ces astres il y a une quantité suffisante de globules en partie transparens & en partie opaques, tels qu'on les a décrits; tous ceux qui seront compris dans l'angle INP (*Fig.* 111.) n'éclaireront l'œil que par une lumiere refléchie, qui étant très-foible formera un cercle asses sombre & presque privé de toute clarté : mais les globules qui seront hors de l'angle INP jusqu'à une certaine distance des côtés IN PN fourniront par la refraction à l'œil en N une lumiere plus abondante que par tout ailleurs; par conséquent il y aura autour de l'astre une couronne de lumiere plus vive & plus brillante qu'en tout autre endroit; & parce que les gouttes d'eau demêlent les couleurs ou les séparent lorsque la lumiere s'y refracte, il s'ensuit que les couronnes qui se forment autour du Soleil & de la Lune seront aussi colorées & qu'elles manifesteront les mêmes couleurs que l'Arc-en-Ciel, supposé que les globules dont il s'agit soient asses gros & en quantité suffisante pour produire cet effet: le rouge comme étant le moins refrangible occupera l'interieur de la couronne, & le violet comme l'étant le plus sera exterieur & terminera la couronne en dehors : ainsi les couleurs se rangeront entr'elles de même que dans l'Arc-en-Ciel exterieur dans lequel le rouge occupe le dedans de l'arc & le violet le dehors. Si on veut appuyer cette explication de l'expérience on le peut en cette sorte. On remplit d'eau un balon de verre mince & delié, on place en dedans & au centre un corps spherique opaque le tenant suspendu avec un fil; on expose le tout à la lumiere du Soleil. Tant que l'œil est dans l'angle LKM (*Fig.* 110.) aucun des rayons rompus à la rencontre du ballon n'y parvient, mais aussitôt qu'il est hors de cet angle il apperçoit vers les bords une lumiere éclatante colorée de rouge; ce qui prouve en même tems que dans les couronnes cette couleur est la plus interieure; le diamétre des grandes couronnes est ordinairement de 45 degrés; il est évident que la grandeur

de ce diamétre dépend de l'ouverture de l'angle LKM ; ou de ſon égal INP, & que cet angle eſt plus ou moins grand ſelon que le diamétre du noyau opaque EF a un rapport plus ou moins grand au diamétre des petites boules qui refractent la lumiere. Les couronnes qui ſe forment autour de la Lune ſont ordinairement blanches ou peu colorées, parce que cette lumiere étant de beaucoup plus foible que celle du Soleil, chaque couleur particuliére n'a point aſſez de force pour ſe faire ſentir : ainſi il ne réſulte de toutes enſemble qu'une ſenſation de blancheur. Ce défaut de couleurs peut encore venir de ce que la matiere qui produit les couronnes n'eſt point aſſez abondante, ce qui ſe rencontre auſſi quelque fois dans les couronnes qui paroiſſent autour du Soleil.

## *Les Parélies ; & les Paraſelenes.*

56. Ce qu'on va dire des Parélies il faut l'entendre auſſi des Paraſelenes. La ſeule refraction produit les couronnes, mais les Parélies naiſſent de la refléxion & de la refraction : il faut donc examiner comment la lumiere tombant ſur des cylindres droits ou verticaux, tels qu'on les a ſuppoſés ſe refléchit & ſe refracte à leur rencontre. Voici la propoſition générale qui ſert de fondement à la théorie de M. Huygens ſur cette matiere. Si la lumiere qui vient d'un point du Soleil, par exemple du centre, tombe ſur les cylindres ſuppoſés, le rayon refléchi ou rompu & le rayon incident, feront des angles égaux avec l'horiſon ; & parce que l'angle que le rayon incident fait avec l'horiſon meſure la hauteur du Soleil au-deſſus du même horiſon ; on peut énoncer la propoſition en cette ſorte. L'angle que le rayon reflechi ou rompu fait avec l'horiſon eſt égal à la hauteur du Soleil.

57. On ſuppoſera que la refléxion & la refraction ſe font ſur un même plan qui paſſe par l'axe du cylindre. Ce cas qui eſt unique aidera à imaginer & à entendre les autres cas, ſans qu'on s'arrête néanmoins à les prouver. Suppoſons en premier lieu que MN (*Fig.* 112.) eſt un plan qui

touche un cylindre dans la ligne HK parallele à l'axe, que le plan EGF coupe le plan MN en HK & qu'il passe par l'axe du cylindre; EF étant un rayon incident si on tire la ligne horisontale EO l'angle FEO sera celui que le rayon incident fait avec l'horison, puisque EFG est un plan vertical qui passe par l'axe : or les angles d'incidence FEH & de refléxion GEK étant égaux, il s'ensuit que leurs complemens FEO GEO sont aussi égaux; donc le rayon refléchi EG & le rayon incident EF font avec l'horison représenté par EO des angles égaux.

58. Supposons en second lieu que le rayon incident FE (*Fig.* 113.) pénétre dans le cylindre, il s'approchera de la perpendiculaire d'incidence OEC & deviendra le rayon rompu VED; & parce que le plan FA BR sur lequel le rayon incident FE & le rayon rompu VED se trouvent passe par l'axe, suivant l'hypothése, la seconde surface refringente que ce plan rencontrera en AB sera parallele à la premiere MN; donc le rayon ED se rompant une seconde fois en D sortira suivant DG parallelement à la premiere incidence FE; (art. V. n. 9.) donc le rayon émergent DG & l'incident FE feront des angles égaux avec l'horison représenté par OEC ou PD.

59. Supposons en troisiéme lieu que le rayon rompu ED (*Fig.* 113.) rencontrant la seconde surface en AB est refléchi, il le sera de maniere que l'angle de refléxion IDB sera égal à l'angle d'incidence ADV, donc les complemens VDP IDP seront aussi égaux; donc les lignes CEO BLS étant paralleles à DP, l'angle ILS sera égal à l'angle VEO; donc le rayon refléchi DL passant de l'eau dans l'air, lorsqu'il rencontre la surface MN en L, se rompra en s'éloignant de la perpendiculaire d'incidence BS de tout autant que le rayon FE s'est approché de CEO en pénétrant le cylindre, donc les angles RLS, FEO seront égaux; donc le rayon émergent LR & l'incident FE font des angles égaux avec l'horison. Le cas que l'on vient d'exposer n'a point lieu dans l'hypothése de M. Huygens, parce que le corps opaque qu'il sup-

poſe dans chaque cylindre empêche que le rayon incident & le rayon rompu ne ſe trouvent ſur un plan qui paſſe par l'axe ; cependant les cylindres étant ſuppoſés verticaux la propoſition eſt également vraie dans les autres cas : ainſi dans l'explication du phénomene on ſuppoſera que les rayons de lumiere qui arrivent à l'œil du ſpectateur après une refléxion ou après deux réfractions, ou enfin après deux refractions & une refléxion entre deux font avec l'horiſon des angles égaux à ceux que font les rayons incidens avec le même horiſon, ou égaux à la hauteur du Soleil.

60. Ces choſes ſuppoſées il reſte à en déduire le phénomene décrit dans les méteores de M Decartes. On obſervera d'abord que le cercle KLMC (*Fig.* 109.) eſt à peu près horiſontal, de même que les deux couronnes DEF GHI qui ſont autour du Soleil C. Cela étant les deux circonférences qui forment la grande couronne KLMC ne ſont point concentriques ou ce qui revient au même elles ſont ſur des plans différens l'un étant au-deſſus de l'autre, & étant diſtans entr'eux d'une longueur égale au diamétre du Soleil ; enſorte que les deux circonférences ſont parfaitement égales, quoiqu'il ſemble en regardant la figure que celle qui eſt interieure ſoit moindre que l'exterieure. La figure 114 peut repréſenter leur véritable ſituation, tant par rapport à elles mêmes que par rapport à un ſpectateur ſitué au point A, le point B qui eſt à peu près au milieu de la couronne répondant directement au-deſſus de ſa tête ou à ſon zénit.

61. 1°. Si du point A (*Fig.* 114.) on mene des lignes telles que AP, AR, AK, AN, AL, AM, AV &c. qui faſſent avec l'horiſon des angles RAH PAO &c. égaux à l'angle de la hauteur du centre du Soleil, il y aura un certain nombre de rayons qui venant de ce centre feront auſſi avec l'horiſon des angles égaux aux angles RAH PAO &c. donc ces rayons incidens & les lignes tirées du point A rencontreront deux à deux en un même point les cylindres dont on vient de parler, comme cela

paroît par la figure 112.; donc les rayons incidens seront refléchis suivant les mêmes lignes tirées du point A, & arriveront à l'œil du spectateur; & parce que par la construction il n'y a que les cylindres qui sont à la circonférence de la couronne qui puissent refléchir la lumiere qui vient du centre du Soleil dans la condition supposée, ou de maniere que les rayons refléchis fassent avec l'horison des angles égaux à l'angle de la hauteur du centre de cet astre, il s'ensuit qu'il n'y aura que ces cylindres qui puissent envoyer de la lumiere à l'œil du spectateur en A; donc tous ces cylindres semblables à des miroirs feront voir l'image du centre du Soleil & des autres points de cet astre qui sont à la même hauteur que le centre, & puisque tous ces cylindres sont contigus ou se touchent, il est nécessaire que la lumiere refléchie forme une circonférence, dont chaque point sera une image du centre du Soleil. De même que la lumiere refléchie dont les rayons font avec l'horison un angle égal à la hauteur du centre du Soleil peignent une circonférence qui est l'image de ce centre & des autres points qui sont autant élevés, ainsi les rayons refléchis qui font avec l'horison des angles égaux à la hauteur des autres points qui sont au-dessus & au-dessous du centre peignent aussi des circonférences qui sont au-dessus & au-dessous de celle qui représente le centre, ensorte qu'il s'en peint tout autant qu'il y a des points dans le diamétre vertical du Soleil: or toutes ces circonférences lumineuses ainsi disposées les unes au-dessus des autres forment toutes ensemble la couronne blanche dont la largeur est par conséquent égale au diamétre du Soleil.

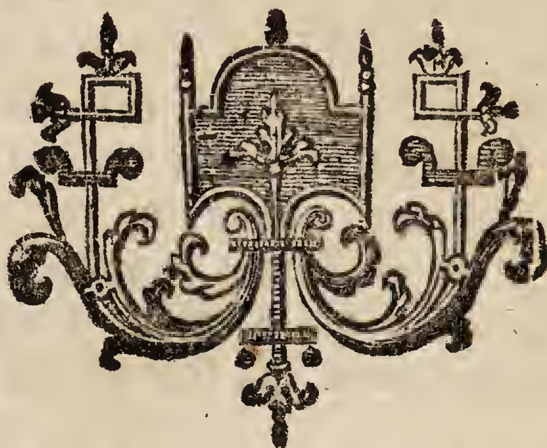
62. 2°. Les Soleils KCN (*Fig.* 109.) sont l'effet de la lumiere refractée. 1°. Le vrai Soleil C doit se voir à travers les petits cylindres en partie transparens & en partie opaques, comme on le voit à travers l'eau ou le verre. 2°. A l'égard des faux Soleils KN il y a deux choses à remarquer la distance où ils sont du vrai Soleil & les couleurs qui sont vers les bords. Pour ce qui est de la distance où ils sont du vrai Soleil, elle est l'effet du noyau opa-

que qui eſt dans chaque petit cylindre, car il détermine la lumiere à ſe refracter ſous certaines angles, ainſi qu'il a été dit des petites boules qui ſont la matiere des couronnes; de ſorte que les rayons incidens qui viennent d'un même point du vrai Soleil après la refraction paroiſſent couler de divers points & forment pluſieurs images, comme il arrive lorſque la lumiere ſe refracte à travers les verres à facetes. Les cylindres qui ſont près du vrai Soleil C donnent la lumiere qui forme les images KN, & celle qui eſt refractée dans les cylindres qui en ſont plus éloignés produit la queue P qui n'eſt autre choſe que la même image couchée ſur elle même & repetée pluſieurs fois. Il eſt clair que les cylindres qui ſont la matiere du cercle blanc ſervent auſſi à produire les faux Soleils K N leſquels doivent paroître dans ce cercle de même que la queue P. Le faux Soleil K eſt repréſenté ſans queue, il en avoit cependant une, mais comme la lumiere en étoit blanche elle n'étoit point diſtinguée de celle du cercle blanc. Il eſt évident, ſuivant ce qui a été démontré, que la lumiere refractée par les cylindres dont il s'agit, doit faire voir au ſpectateur en A le vrai Soleil C & les faux Soleils KN avec leurs queues, & que c'eſt dans le cercle blanc que le tout doit paroître comme il vient d'être dit, puiſque les rayons rompus s'étendent ſuivant des lignes qui font avec l'horiſon des angles égaux à la hauteur du Soleil, telles que ſont les lignes RA PA &c. Quant aux couleurs qui étoient ſur les bords des faux Soleils KN, il faut obſerver que les baſes des petits cylindres ne ſont point planes, mais arrondies de même que celles du noyau ou cylindre interieur; c'eſt là un effet naturel que l'on remarque dans des morceaux de neige ou de glace qui s'arrondiſſent en ſe fondant. Les baſes des petits cylindres étant donc ſuppoſées arrondies comme la figure 114. n. 2. les repréſente, elles feront la fonction des petites boules qui produiſent les couronnes, & elles en produiſent effectivement une autour du vrai Soleil C, ſçavoir, la couronne GHI qui paſſera par les faux Soleils K N & les rendra colorés, car il eſt à re-

marquer que de toute la lumiere qui eſt refractée par les cylindres qui ſont hors du cercle blanc, il n'y a que celle qui l'eſt par les baſes arrondies qui parvienne à l'œil du ſpectateur en A; car celle qui eſt refractée par les côtés étant dirigée ſuivant des lignes qui font avec l'horiſon des angles égaux à la hauteur du Soleil ne ſçauroit tendre vers A, il faudroit pour cela que les cylindres refringens fuſſent dans le cercle blanc. Les baſes arrondies des cylindres formeront donc autour du vrai Soleil C une couronne comme feroient les petites boules en parties fluides & tranſparentes & en parties opaques, laquelle paſſant par les faux Soleils K N les rendra colorés. Mais la couronne interieure DEF a une cauſe un peu différente. On a conſidéré juſqu'ici les cylindres qui refléchiſſent ou refractent la lumiere comme étant verticaux ou perpendiculaires à l'horiſon ſuivant leur longueur : or rien n'empêche qu'il n'y en ait d'autres flottans dans l'air dans toutes ſortes de ſituations. On peut même ſuppoſer que parmi ces cylindres il ſe trouve des petites boules à demi fondues ſemblables à celles qui font la matiere des couronnes ordinaires : or ces cylindres ainſi diſpoſés peuvent ſeuls ou enſemble avec les petites boules former une couronne colorée, au moyen des petits corps opaques qui ſont en dedans en refractant la lumiere ſous certains angles. Ce qui s'entend aſſez après ce qui a été dit des couronnes qui ſont autour du Soleil ou de la Lune.

63. En troiſieme lieu les Parélies L M (*Fig.* 109.) que le ſpectateur en A voit en tournant le dos au vrai Soleil ſont l'effet de deux refractions & d'une refléxion entre deux. Car la lumiere qui ſort des cylindres ſuppoſés après deux refractions & une refléxion entre deux fait avec l'horiſon des angles égaux à la hauteur du Soleil; donc elle peut arriver à l'œil du ſpectateur ſuppoſé en A, puiſque toutes les lignes tirées du point A au cercle de lumiere blanche font des angles égaux

à cette hauteur ; les deux Parélies doivent donc paroitre dans ce même cercle, ils doivent être blancs, parce que la lumiere colorée & refractée par les bases arrondies des cylindres est dirigée autrement que celle qui vient des côtés des mêmes cylindres ainsi elle ne parvient point à l'œil en A. Les corpsopaques qui sont dans l'interieur des cylindres refringens ne contribuent en rien à la production de cette partie du phénomene ; on peut même dire qu'ils y sont quelque fois nuisibles : ainsi la raison pourquoi les Soleils L M paroissent dans l'endroit où l'on les voit& non en d'autres lieux, est la même qui fait que l'œil doit être dans une certaine situation pour voir les couleurs de l'Arc-en-Ciel, parce que la lumiere se refractant sous certains angles déterminés, l'œil ne sçauroit en recevoir l'impression s'il ne se trouve dans le chemin qu'elle suit.





## LA PHYSIQUE DE LA LUMIERE.

VII. 1. Après avoir confidéré les dehors de la lumiere, fes différentes infléxions à fon paffage dans l'œil & au travers des corps diaphanes, fon incidence fur les furfaces polies & fes retours, les effets qu'elle produit dans ces divers mouvemens, & les avantages qui en reviennent; c'eft un objet tout à fait digne de l'attention d'un Phyficien d'approfondir les voyes mêmes de la nature, & de découvrir, s'il eft poffible, la fource de tant de varietés qui font la richeffe de la vûe, le plus néceffaire de tous les fens. C'eft déja beaucoup de connoître les effets de la lumiere, les combinaifons qu'il s'en fait, les rapports de grandeur, d'ordre, de diftance qui y regnent: mais les connoître par les vraies caufes, & pénétrer dans les principes les plus intimes qui concourent à leur production, c'eft le plus haut degré de fcience à quoi l'efprit humain puiffe s'élever. Tous cherchent la vérité, il feroit à fouhaiter que tous la trouvaffent, que tous la reconnuffent à la même marque qui en fût le caractere distinctif, en un mot que tous la viffent avec les mêmes yeux: ce feroit une preuve non équivoque qu'elle luiroit à tous, qu'elle les éclaireroit de la même maniere, & qu'elle leur imprimeroit le même fentiment de certitude & d'évidence; mais les chofes n'ont point encore été amenées au point de l'unanimité: ainfi ce n'eft pas trop dire, d'avancer que tout n'eft point fuffifamment éclairci à cet égard.

2. Au milieu des opinions qui divifent les Phyficiens fur ce fujet, le deffein de les difcuter toutes feroit d'une longue haleine, & l'entreprife de balancer les divers degrés de certitude & de préférence que chacune peut avoir à certains égards excéderoit les bornes de cet écrit; d'un autre côté il y auroit de la témerité de penfer à fuggerer

des nouvelles vûes, après que les plus grands genies ont épuisé toute leur pénétration & la sagacité qu'ils se sentoient pour percer le nuage & nous dévoiler la verité dans ce qu'ils ont imaginé. Laissant là l'un & l'autre de ces partis, on se bornera à rapporter historiquement les sentimens des Auteurs les plus célébres, & les raisons dont ils les ont appuyés; de peur de les tronquer ou de les affoiblir, ce sera l'Auteur même qui les exposera autant que la briéveté pourra le permettre. Quelques unes des choses qui ont déja été traitées reviendront, mais ce sera sans redites parce qu'elles reparoîtront sous une autre forme.

3 Je ne sçaurois commencer ce discours plus à propos qu'en me servant des paroles d'un illustre Membre de l'Academie Royale des Sciences & un des Quarante, M. de Mairan, qui ayant examiné à fond, après des grands Physiciens le sujet qu'on va traiter, très-grand Physicien lui-même doit avoir beaucoup éclairci les matieres, & les avoir approchées de l'évidence. Je les prends au commencement de sa dissertation sur la cause de la lumiere des phosphores & des noctiluques. C'est une des trois du même Auteur qui ont remporté tour à tour le prix à l'Academie Royale des Belles-Lettres, Sciences & Arts de Bordeaux. Les voici.

4. La lumiere de la part du corps lumineux est une agitation ou un mouvement très-rapide des parties insensibles qui la composent; de la part de l'œil c'est l'ébranlement des fibres d'une des tuniques qui en tapissent le fond, & qui tirent leur origine du nerf optique & du cerveau; de la part de l'ame c'est une sensation qui n'a d'autre rapport avec le mouvement des parties du corps lumineux, & avec l'ébranlement de l'organe de la vûe que d'être excitée à leur occasion. Jusques là tous les systémes s'accordent, voici le point où ils se divisent.

5. Le corps lumineux pour ébranler l'organe n'a pas besoin de s'y appliquer immédiatement, il agit sur lui quoique placé à une très-grande distance, il faut donc

que

que ce soit par le moyen de quelque matiere répandue entre deux que le corps lumineux transmette son action jusqu'à l'œil ; c'est la différente maniere de concevoir ce milieu & cette transmission qui fait principalement aujourd'hui toute la diversité des systémes de la lumiere.

Tous les systémes modernes sur la lumiere peuvent être reduits à deux, car ou les mouvemens du corps lumineux sont transmis jusqu'à l'œil, seulement parce qu'ils se communiquent à la matiere qui est entre le corps lumineux & nous, de même que les fremissemens d'un corps sonore ne parviennent jusqu'au tympan de l'oreille, que parce qu'ils ont excité dans l'air un semblable mouvement ; ou l'agitation du corps lumineux produit en lui une émission & un écoulement de corpuscules qui viennent frapper l'organe de la vûe de la même maniere à peu près que les parties invisibles qui se détachent d'une fleur. Il n'y a pas de de milieu dans cette alternative, ou le corps lumineux renvoye vers nous les parties de sa substance, ou il n'en renvoye pas ; il faut néceſsairement que la lumiere se repande de l'une de ces deux manieres, ou avoir recours aux qualités occultes.

6. Pour achever de tracer le plan de ce discours, à l'idée que M. de Mairan donne de la propagation de la lumiere ; on ajoutera la figure des parties qui la composent, la refléxion & la refraction, les couleurs, la transparence des corps & quelque chose des phosphores.

*La propagation de la lumiere par voye de pressions & de vibrations.*

7. L'hypothése qui fait consister la propagation de la lumiere dans les pressions comprend deux sentimens qui ont des différences considérables ; le premier est de M. Decartes ; le second du P. Malebranche. M. Decartes place le Soleil au centre d'un tourbillon composé de globules durs auxquels il attribue deux mouvemens de rotation, l'un autour du centre commun où est le Soleil, l'autre autour de leurs propres centres ; un corps peut remplir en

même tems ces deux mouvemens ; une toupie décrit des grands cercles ſur un plancher, tandis que les points de ſa ſurface en décrivent de plus petits autour de ſon axe : on obſerve encore ce double mouvement dans les roues d'un caroſſe, car elles ne font de chemin qu'autant qu'elles tournent autour de l'eſſieu. Quoique ces deux mouvemens ſe rencontrent dans chaque globule, cependent ils ne conſtituent point la lumiere puiſqu'ils ſubſiſtent durant la nuit ; voici en quoi elle conſiſte ſuivant M. Decartes. Les petits jours ou eſpaces vuides que les globules du tourbillon laiſſent néceſſairement entr'eux ſont remplis d'une matiere ſubtile, prompte à gliſſer & à s'inſinuer par tout où il pourroit y avoir quelque vuide, de ſorte que tout eſt exactement plein. A l'égard de la matiere qui compoſe le Soleil, elle n'eſt pas moins ſubtile, car elle eſt de la même eſpece & de la même nature ; ce qu'elle a de plus, c'eſt que formant un grand amas, elle eſt extrémement agitée & dans un bouillonnement continuel, par quoi elle tend à s'échapper du centre où elle eſt retenue ; le mouvement circulaire qu'elle a autour du même centre aide encore cette tendence ; mais la matiere du tourbillon qui l'environne lui oppoſe une barriere invincible & reprime ſes efforts ; ainſi elle épuiſe ſa force à preſſer par des violentes ſecouſſes la matiere globuleuſe ou du ſecond élement ; & parce que tout eſt plein & que les globules ſont durs, cette preſſion s'exerce ſans produire du mouvement, c'eſt une ſimple tendence du centre vers la circonférence, qui ſe tranſmet dans un inſtant juſqu'aux plus grandes diſtances, & qui s'exerçant ſur l'œil l'avertit de la préſence du corps lumineux ; elle eſt comparable en cela, ſuivant M. Decartes à l'impulſion d'un bâton qu'un aveugle meut devant ſoi & en avant ; tant qu'il ne rencontre que de l'air, la main ne ſent rien ; mais auſſi-tôt qu'il porte ſur un appui qui réſiſte, le mouvement ſe change en une ſimple preſſion qui ſe tranſmet dans l'inſtant d'un bout à l'autre, & l'aveugle connoît par là que ſur ſon chemin il y a quelque obſtacle qui s'oppoſe à ſon paſſage : or les files des

globules dans le plein sont infléxibles & ne sont point rompues par les secousses du corps lumineux ; de sorte que l'impression qu'elles en reçoivent se communique sans delai jusqu'à l'œil sur lequel elles s'appuyent & qu'elles ébranlent. Cette hypothése est sujette à deux grandes difficultés, la premiere consiste en ce qu'on ne peut point expliquer le mouvement successif de la lumiere, car depuis M. Decartes on s'est assuré par le moyen des éclipses des satellites de Jupiter qu'elle employe 7 ou 8 minutes de tems à venir du Soleil à la Terre : or si suivant M. Decartes la lumiere considérée dans son action ou dans son exercice actuel n'est qu'une pression qui se transmette dans un instant indivisible, il ne peut y avoir ni succession ni progrès, dans la maniere dont elle s'étend tout autour du corps lumineux, & il ne lui faut pas plus de tems pour parvenir aux plus grandes distances qu'aux moindres.

8. La seconde difficulté c'est le P. Malebranche même qui la forme. On sçait par expérience qu'une infinité de couleurs peuvent être apperçûes par un petit trou tel qu'on en peut percer un sur du papier avec la pointe d'une aiguille très-fine, il est donc nécessaire qu'une infinité de rayons se croisent dans ce point physique ou sensible, sans se confondre ; il pourra même arriver, selon que les couleurs seront disposées, que pour en voir plusieurs à la fois il faille qu'un même globule transmette en même tems jusqu'à l'œil diverses impressions : or si les globules de la matiere étherée sont durs, comme M. Decartes le prétend, il est impossible qu'un seul remplisse tout à la fois dans le sens direct ou dans le sens que la lumiere s'étend une multitude de fonctions ; car lorsqu'un corps est parfaitement dur, si quelque partie de ce corps avance quelque peu ou tend directement vers le nerf optique, il est nécessaire que toutes les autres parties y tendent aussi ; donc on ne pourra pas seulement voir deux couleurs du noir & du blanc dans le même tems par des rayons qui se croiseront sur un même globule.

9. Le P. Malebranche conservant le fond de l'hypo-

théſe de M. Decartes y change un ſeul point, afin de pouvoir expliquer la propagation de la lumiere & les couleurs. Il ſuppoſe que les gobules du ſecond élement ſont mous ou autant de petits tourbillons doués d'un reſſort très-vif : les idées d'élaſticité & de tourbillon ſont ſi étroitement liées enſemble qu'elles ſont inſéparables. Car un tourbillon peut être comprimé en différens ſens & changer diverſement de figure : or puiſqu'il cherche à s'étendre & à occuper plus d'eſpace, il s'enſuit que ſi la force comprimente diminue, il ne manquera pas de s'élargir du côté que la compreſſion eſt devenue moindre, comme feroit un corps élaſtique ; ainſi ſuppoſer des tourbillons, c'eſt admettre des corps à reſſort.

10. Voici comme l'Auteur s'explique dans un éclairciſſement ſur la lumiere & les couleurs à la fin du troiſieme tome de la recherche de la vérité. Concevons un grand ballon comprimé en dehors par une force comme infinie & rempli d'une matiere fluide, dont le mouvement ſoit ſi rapide que non-ſeulement elle tourne avec beaucoup de viteſſe autour d'un centre commun, mais encore que chaque partie pour remplir tout ſon mouvement, c'eſt-à-dire pour ſe mouvoir autant qu'elle a de force ſoit encore obligée de tourner ſur le centre d'une infinité de petits tourbillons ou bien de couler entr'eux, & tout cela avec une rapidité extraordinaire. Concevons en un mot la matiere contenue dans ce ballon telle à peu près que M. Decartes a décrit celle de notre tourbillon ; excepté que les petites boules de ſon élement qu'il ſuppoſe dures ne ſont elles-mêmes que des petits tourbillons. Si l'on met un piſton à l'ouverture du ballon & qu'on le pouſſe promptement en dedans, les parties du fluide tendront toutes à s'éloigner du trou par des lignes droites qui ſe termineront toutes au piſton, parce que dans l'inſtant que le piſton avance, elles ſont plus preſſées par le côté qui lui repond directement que par tout autre. Enfin ſi on ſuppoſé que le piſton avance & recule fort promptement toutes les parties de la matiere fluide qui remplit exactement le bal-

lon, dont je ſuppoſe que le reſſort ſoit fort grand, ou qu'il ne prête ou qu'il ne s'étende que très-difficilement, recevront uue infinité de ſecouſſes que j'appelle *vibrations de preſſion.*

11. Appliquons d'abord ceci à la lumiere. Puiſque tout eſt plein, nos yeux quoique fermés ou dans les ténébres ſont actuellement comprimés. Mais cette compreſſion du nerf optique n'excite point de ſenſation de couleurs; parce que ce nerf eſt toujours également comprimé : par la même raiſon que nous ne ſentons point le poids de l'air qui nous environne quoique autant peſant que 28 pouces de vif argent, mais ſi l'on conçoit un œil en dedans du ballon tourné vers un flambeau qui eſt à l'ouverture au lieu du piſton, les parties de la flamme étant dans un mouvement continuel preſſeront ſans ceſſe plus fortement que dans les ténébres & par des ſecouſſes ou vibrations très-promptes, la matiere ſubtile de tous côtés, & par conſéquent à cauſe du plein, juſqu'au fond de l'œil, & le nerf optique plus comprimé qu'à l'ordinaire & ſecoué par les vibrations excitera dans l'ame une ſenſation de lumiere ou de blancheur vive & éclatante.

12. L'Auteur fait donc conſiſter la lumiere dans les vibrations de preſſion, & l'on verra dans la ſuite qu'il explique les couleurs par le plus ou le moins de promptitude des mêmes vibrations. Ce ſentiment qui détruit la difficulté tirée de la dureté des globules du ſecond élement de M. Decartes, & qui eſt parfaitement d'accord avec le mouvement ſucceſſif de la lumiere, n'eſt pas à couvert de toute critique. M. de Mairan l'attaque par un endroit qui doit le faire tomber ſi la difficulté qu'il propoſe demeure ſans une reponſe qui ſatisfaſſe, car elle ſe tire du fond même de l'hypothéſe qu'elle combat, on va la propoſer dans toute ſon étendue & comme elle eſt conçûe dans la diſſertation de la lumiere.

13. Si la propagation de la lumiere ſe fait par les preſſions des corps lumineux ſur la matiere ètherée, je dis qu'il eſt impoſſible qu'il y ait jamais de nuit ni d'ombres

dans l'Univers ; qu'en quelque endroit que l'on ſoit & de quelque côté qu'on regarde, on verra toujours le Soleil, par exemple, de la même maniere que ſi l'on étoit directement tourné vers lui ; qu'il n'y aura plus de corps opaque, & que tout ſera diaphane, & que par conſéquent les yeux fermés, & dans un lieu où il n'y auroit aucune ouverture ſenſible, nous ſerions frappés de la lumiere presqu'auſſi vivement, qu'en raſe campagne les yeux ouverts & en plein midi. Pour le prouver, il me ſuffira de rappeller dans l'eſprit de mes Lecteurs une proprieté des fluides dont l'expérience a pû les convaincre, indépendamment des démonſtrations qu'on en trouve dans les livres d'Hydroſtatique ; ſçavoir, qu'en tout fluide renfermé dans un vaiſſeau dont il remplit exactement la capacité, la preſſion ou l'impulſion qui ſurvient à quelques unes de ſes parties par l'action de quelque force que ce ſoit, ſe communique à toutes les autres, & à toute la ſurface interieure du vaiſſeau qui le contient, & cette communication ſe fait avec d'autant plus de promptitude que le fluide a plus de reſſort ou qu'il eſt moins compreſſible.

14. Donc ſi l'on fait un petit trou à un vaiſſeau rempli de quelque liqueur, à un tonneau plein de vin, par exemple, qu'on y applique un piſton & qu'on pouſſe ce piſton pas ſecouſſes vers le dedans du tonneau, il eſt clair que la liqueur fera effort pour s'échapper à la ronde, & qu'elle preſſera par tout également la ſurface interieure du vaiſſeau ; & s'il y a quelque fente à ce vaiſſeau ou ſeulement quelque endroit foible, elle rejaillira par cette fente, ou rompra l'endroit foible, deſſus, deſſous, à côté, en un mot où que ce ſoit qu'il ſe trouve ; & s'il y avoit encore dans le tonneau quelque corps ſolide qui fut convexe d'un côté & concave de l'autre. Le fluide qui ſeroit pouſſé par le piſton contre les parois du vaiſſeau feroit par ſa réaction des preſſions ſemblables ſur ce corps, tant ſur la ſurface convexe que ſur la ſurface concave. Enfin on peut démontrer que ces ſecouſſes ou preſſions du piſton ſur ce fluide ſeront toujours tranſmiſes avec la même force juſ-

qu'à la superficie de tous les corps qu'on pourroit imaginer dans le vaisseau, de quelque grandeur & de quelque figure qu'ils puissent être.

15. Cela posé, il est évident que la même chose doit arriver dans chaque tourbillon à la matiere subtile ou éthe-rée qui le remplit. Car selon les plus modernes & les plus fameux partisans de l'hypothése des pressions, un tourbillon celeste doit être regardé comme un vaisseau rempli d'un fluide très-comprimé dont le ressort est très-prompt. Et le corps lumineux qui par ses fremissemens & ses secousses met tout ce fluide en mouvement comme le piston que l'on y appliqueroit. Donc par les loix d'Hydrostatique tous les corps qui nagent dans un tourbillon ; la Terre, par exemple, & les autres planetes qui se meuvent autour du Soleil, ressentiront de tous côtés les tremoussemens & les vibrations de pression que le Soleil communique à l'éther; ou ce qui est la même chose, par l'hypothése ces corps seront illuminés de toutes parts, & dans toutes les parties de leurs surfaces ; d'où il suit qu'il n'y aura point de nuit ni d'ombres dans l'Univers. Il suit encore de cette propriété des fluides & de l'hypothése des pressions, qu'il ne sçauroit y avoir dans le monde que des corps diaphanes, puisque selon la doctrine des deffenseurs même de cette hypothése tous les corps sont pénétrés par la matiere éthe-rée, leurs pores les plus étroits en sont remplis : or les fluides n'agissant pas avec moins de force par des tuyaux recourbés que par des tuyaux droits, il est évident que la rectitude des pores d'un corps, en quoi on fait consister la transparence, ou la courbure de ces pores qu'on croit la cause de son opacité ne changeroient rien à la propagation de la lumiere, & que les vibrations de pression, ne se transmettroient pas moins exactement au travers des uns qu'au travers des autres. Ainsi on auroit beau abbaisser les paupieres sur les yeux pour se garantir des impressions de la lumiere, devenues aussi transparentes que du cristal, elles ne sçauroient plus leur être d'aucun secours, & en quelque lieu du monde qu'on pût se cacher, on y seroit

affailli de la vûe de tous les corps lumineux d'alentour ; avec autant & plus de violence qu'on pourroit l'être en rafe campagne & en plein midi. M. de Mairan ajoute. Si l'on confidére attentivement toutes les circonftances de l'objection précedente & le principe fur lequel elle eft fondée, je fuis perfuadé qu'on la trouvera invincible. Elle pourra même devenir une preuve fuffifante, quoiqu'indirecte de la vérité du fyftéme oppofé qui eft celui que j'embraffe.

16. Avant que de paffer à la feconde hypothéfe de la propagation de la lumiere, j'hazarde la réponfe fuivante aux difficultés propofées ; comme elles tirent toute leur force de la ftructure des corps ou de la maniere dont leurs pores font percés, & de la loi d'Hydroftatique que l'Illuftre Academicien met en œuvre, c'eft à ces deux chofes qu'il faut faire principalement attention pour mettre, s'il eft poffible, le fentiment des preffions à couvert des atteintes qu'il femble en recevoir.

17. 1°. Les corps tranfparens font ceux qui donnent paffage à la lumiere, dont quelques uns laiffent même voir les autres corps à travers comme le verre. Il y a deux fentimens touchant la tranfparence des corps diaphanes. Le fentiment le plus commun fait confifter la tranfparence des corps en ce que leurs pores font difpofés en ligne droite, de façon que la lumiere s'y peut mouvoir avec la même facilité qu'une liqueur coule dans des tuyaux droits où elle ne rencontre aucun obftacle qui l'arrête. L'opacité vient au contraire de la courbure des mêmes pores, & de ce que les rayons de la lumiere tombant fur des parties folides perdent leur force & s'éteignent. L'autre fentiment eft celui que M. Bouguer célébre Academicien propofe dans fon effai d'optique fur la gradation de la lumiere. L'Auteur penfe que les files des rayons de lumiere ne font point continues, même dans les corps diaphanes, elles font interrompues par les parties folides qui fe trouvent d'intervalle en intervalle fur leur direction ; & ces mêmes parties bien loin de les amortir ou de les éteindre, fervent

au contraire dans plusieurs rencontres à transmettre leur action, suppléant ainsi les fonctions de l'éther ou de la matiere éthérée dans les petits espaces où les files sont interrompues. Quant à l'opacité, elle est l'effet de l'affoiblissement ou de l'extinction de la lumiere, en ce que venant à tomber obliquement sur les surfaces des parties solides, à chaque incidence ils perdent une partie de leur force actuelle, suivant ce qui se démontre de la décomposition du mouvement dans le choc oblique, ensorte que plus il y a de telles incidences plus l'affoiblissement est grand; tellement qu'enfin la force restante n'est plus capable de faire une impression sensible sur nos yeux. On ne s'étend pas d'avantage sur ce sentiment parce qu'on l'a rapporté au long en parlant de la transparence & de l'opacité. On observera seulement par rapport aux difficultés proposées qu'elles ne combattent plus l'hypothése des pressions touchant la propagation de la lumiere, dès-là qu'elle se transmet à travers les corps en se mouvant dans des pores ou tuyaux qui ne sont point continus, mais interrompus; car si les conduits sont bouchés par des parties solides, la pression ne se fera plus suivant la loi alleguée de l'hydostatique; que si non-obstant cet obstacle la pression se communique d'un bout à l'autre, les corps dans lesquels elle sera ainsi transmise seront à la verité diaphanes; mais il y en aura beaucoup d'autres, dans lesquels la force de pression se décomposant comme il vient d'être dit, la lumiere s'affoiblira peu à peu jusqu'au point de devenir insensible: il y aura donc des corps opaques quoique la lumiere se transmette par voye de pression.

18. Il reste à examiner si les pores formant même des tuyaux continus ou sans interruption jusqu'aux extrémités les plus éloignées, tous les corps doivent être transparens, supposé que la lumiere soit produite par les vibrations de pression de la matiere étherée. La raison qu'il y a de le croire est qu'en tout fluide renfermé dans un vaisseau dont il remplit exactement la capacité, la pression ou l'impulsion qui survient à quelques unes de ses parties par

l'action de quelque force que ce ſoit, ſe communique à toutes les autres & à toute la ſurface intérieure du vaiſſeau qui le contient. Cela étant ſelon la doctrine des défenſeurs de l'hypothéſe des preſſions, tous les corps ſont pénetrés par la matiere étherée, leurs pores les plus étroits en ſont remplis: or les fluides n'agiſſant pas avec moins de force par des tuyaux recourbés, en quoi on fait conſiſter l'opacité, que par des tuyaux droits, en quoi on fait conſiſter la tranſparence, les vibrations de preſſion ne ſe tranſmettront pas moins exactement au travers des uns qu'au travers des autres. Donc puiſqu'on convient que les corps qui ont leurs pores droits ſont diaphanes, ceux qui les auront recourbés le ſeront de même.

19. On répond d'abord que la loi d'Hydroſtatique qui donne lieu à l'objection n'a ſon effet plein & entier que dans le cas de l'équilibre, c'eſt-à-dire qu'il faut pour l'égalité des preſſions en tous ſens que les parties du fluide quoique preſſées demeurent dans un repos parfait; ſi la preſſion qui ſurvient à quelques unes les met en mouvement, ſoit en les reduiſant en un moindre volume, comme lorſqu'on comprime de l'air, ſoit en les faiſant jaillir, cemme lorſque de l'eau ſort d'un vaiſſeau par une ou par pluſieurs ouvertures, on ne peut pas dire que toutes les parties ſont également preſſées, parce que le mouvement eſt ſucceſſif & ne ſe communique que de proche en proche. L'effet devient ſenſible lorſqu'on jette une pierre au milieu d'une eau dormante, elle produit d'abord une grande émotion dans les parties ſur leſquelles elle tombe, & il ſe forme enſuite des ondes autour, dont la force va en s'affoibliſſant à meſure qu'elles ſont plus éloignées du centre. Pareillement un corps ſonore qui ébranle l'air par le fremiſſement de ſes parties inſenſibles produit auprès un ſon qui frappe fortement le tympan de l'oreille, mais ſa force diminue à proportion que les diſtances augmentent. Ainſi la preſſion égale en tout ſens ne s'exerce jamais ſur un fluide dont les parties ſont en mouvement. Or on ne diſconviendra point que dans les vibrations de preſſion il

n'y ait un vrai mouvement, car il se fait un déplacement réel du centre vers la circonférence, de même que dans les deux exemples qu'on vient d'apporter ; la lumiere perd donc de sa force à mesure que la pression est transmise à des couches de la matiere étherée qui sont plus éloignées du centre. Mais on objectera que le tourbillon solaire est comparable à un vaisseau plein d'une liqueur que l'on fouleroit avec un piston. On répond qu'on peut effectivement le comparer à un vaisseau, parce que comme un vaisseau contient la liqueur qui est dedans & l'empêche de se repandre, de même les tourbillons qui environnent le tourbillon solaire lui opposent une barriere qui est comme un vaisseau qui resiste aux efforts que la matiere étherée fait pour s'étendre, mais c'est un vaisseau qui est percé en un infinité d'endroits par où les vibrations de pression peuvent se communiquer aux tourbillons voisins jusqu'aux plus grandes distances, de même que les vibrations dont le principe est dans les tourbillons environnans se transmettent dans le tourbillon solaire, puisque par leur moyen nous voyons les étoiles. Par conséquent la loi objectée tirée de l'Hydrostatique ne combat point les vibrations de pression, il faudroit pour qu'elle eut quelque force que les vibrations de la matiere étherée se fissent sans mouvement, ce qui est inconcevable. Or puisque les vibrations de pression perdent de leur force à mesure qu'elles s'éloignent de leur origine, on ne pourra point dire qu'elles se transmettent aussi exactement au travers des corps dont les pores sont recourbés qu'au travers de ceux qui les ont droits ; il y aura donc des corps opaques ; car la matiere étherée qui circule dans les pores qui forment divers détours est semblable à une eau courante qui va en serpentant, il est certain qu'elle perd beaucoup plus de sa vitesse par l'inégalité du terrain, que si en descendant de la même hauteur elle suivoit la ligne droite. Il arrivera aussi que les corps qui sont transparens s'obscurciront peu à peu si leur épaisseur augmente ; car quoique la matiere étherée s'y meuve en ligne droite, néanmoins comme

elle ſubit plus de déplacemens dans une épaiſſeur plus grande que dans une moindre, ſa force doit auſſi s'affoiblir d'avantage en traverſant la plus grande épaiſſeur, ce qui doit diminuer la tranſparence des corps diaphanes dont l'épaiſſeur augmente. Enfin dans le ſyſtéme des vibrations de preſſion le jour & la nuit ſe ſuccederont comme ils ſont. Car ſuivant l'objection propoſée il doit faire jour lors même que le Soleil eſt couché, & qu'il devroit être nuit, parce que la matiere étherée étant toujours également preſſée du centre vers la circonférence & de la circonférence vers le centre, nos yeux en doivent recevoir en tout tems la même impreſſion & être toujours également éclairés, lors même que le Soleil eſt couché : or on vient de voir que les vibrations de preſſion ſe communiquant aux couches plus éloignées diminuent en force ; & dans la repercuſſion qui leur arrive de la circonférence vers le centre elles achevent de perdre ce qui leur reſtoit de force, ainſi elles ne ſont plus capables d'émouvoir l'organe autant qu'il faut pour exciter la viſion ; c'eſt pourquoi lorſque le Soleil ſe couche la nuit doit ſucceder au jour.

*La propagation de la lumiere par voye d'émiſſion & de tranſport.*

20. Dans cette hypothéſe il faut concevoir qu'une multitude innombrable de corpuſcules ſe détachent à chaque inſtant du corps lumineux, comme le Soleil, & qui étant lancés ſe répandent à la ronde, & parviennent à des diſtances plus ou moins grandes ſelon leur quantité ou leur nombre & eu égard à la force qui les tranſporte. Cette émiſſion, ce tranſport peut ſe faire dans le vuide ou dans un milieu non reſiſtant, ou bien dans le plein. M. Newton qui penche pour le vuide ne s'explique ſur ce ſujet que par conjectures & en forme de queſtions. Il eſt porté à croire que le Soleil qui eſt plus grand que toutes les planetes enſemble, eſt d'une matiere denſe ou compacte, dont les parties ſont adhérentes les unes aux

autres comme peuvent être celles des corps durs ou fixes; toute cette vaste masse est comme une terre violemment échauffée; deux choses contribuent à entretenir cette chaleur ou même à l'augmenter, la fixité des parties & la grosseur du corps échauffé; la fixité ou la forte liaison des parties empêche que la dissipation n'en soit ni grande ni prompte; un morceau de fer qu'on a fait rougir à un feu ardent, conserve sa chaleur plus long-tems qu'un charbon; la grosseur du corps échauffé fournit une plus grande quantité de parties ignées; entre ces parties celles qui se détachent servent à augmenter la chaleur par les divers mouvemens de refléxion & de refraction qui leur surviennent & qui les font circuler en dedans, la réaction qu'elles exercent en s'élançant hors du corps lumineux est aussi un moyen d'augmenter la chaleur. Un corps peut s'échauffer de cette maniere à un tel degré qu'il darde hors de soi des rayons ou des particules enflammées avec autant d'abondance que le Soleil, & qu'il devienne par là aussi lumineux & aussi brillant que cet astre.

21. Il n'est pas à craindre que les pertes continuelles que le Soleil fait soient capables de l'épuiser, ensorte qu'après un certain tems il doive s'affoiblir, & enfin cesser d'être luminsux faute de pouvoir fournir à l'émission des rayons. Car les parties du corps du Soleil sont si étroitement & si fortement liées ensemble qu'elles ne se séparent les unes des autres que très- difficilement; d'un autre côté l'atmosphere qui environne le Soleil comprime par son poids les exhalaisons qui en sortent & qui s'élevent, les condense & les empêche de s'évaporer, ensorte que devenues plus pesantes elles retombent comme les vapeurs & les exhalaisons qui montent de la terre, lesquelles après s'être amassées dans l'air & s'y être condensées jusqu'à un certain degré retombent par leur propre poids: ainsi le corps du Soleil ne peut diminuer que par l'émission des rayons de la lumiere & par l'évaporation de quelques exhalaisons. Or depuis le tems que le Soleil éclaire, ces pertes sont si peu de chose qu'à peine elles sont sensibles; pour s'en

convaincre il ſuffit de faire attention à l'exceſſive rareté de la lumiere, elle eſt ſi grande qu'elle ſurpaſſe toute imagination. On en verra la preuve dans l'expoſé du ſecond ſentiment qui va ſuivre. Enfin pour ôter tout ſcrupule à cet égard M. Newton trouve dans la nature un moyen infaillible de faire recouvrer au Soleil ce qu'il peut perdre de ſa ſubſtance par la production de la lumiere. Suivant ſes principes, les Cométes tournent autour du Soleil d'un mouvement auſſi regulier que les planetes même, ſur des orbites extrémement excentriques, enſorte que dans leurs aphélies elles en ſont prodigieuſement éloignées, & dans leurs perhielies, elles en ſont exceſſivement proches, & quelque fois ſi proches par la combinaiſon de certaines circonſtance, que leur peſanteur vers cet aſtre les y fait tomber. Le Soleil recouvre par ce moyen avec ſurabondance ce qu'il peut perdre de ſa ſubſtance en fourniſſant à la lumiere.

22. Quant à la propagation de la lumiere & à la grande rapidité avec laquelle elle ſe répand & parvient en ſi peu de tems à des diſtances immenſes, M. Newton les explique en ſuppoſant un milieu qui remplit les eſpaces celeſtes, auquel il attribue la proprieté d'être exceſſivement plus rare & plus ſubtil que l'air, & exceſſivement plus élaſtique & plus actif; ſi ce milieu eſt incomparablement plus rare & plus ſubtil que l'air, il n'apportera aucune réſiſtance ſenſible aux planetes ni à la lumiere, s'il eſt comme infiniment plus élaſtique & plus actif, les corpuſcules lumineux ſeront tranſportés en peu de tems juſqu'aux lieux les plus éloignés.

23. Venons en au ſecond ſentiment de l'émiſſion dans l'hypothéſe du plein, M. de Mairan qui l'embraſſe ſuppoſe d'abord avec le P. Malebranche chaque tourbillon celeſte comme un balon parfaitement plein d'une matiere très-ſubtile & très-fluide; l'étoile ou le Soleil, car c'eſt une même choſe, qui ſe trouve au centre de chacun de ces tourbillons n'eſt qu'un amas d'une ſemblable matiere infiniment agitée & tendant ſans ceſſe à s'échapper à la

ronde, non-ſeulement par le mouvement circulaire qu'elle a autour du centre mais auſſi par une eſpece de bouillonnement. Elle eſt néanmoins retenue à ce centre par l'impulſion des couches de la matiere étherée ou ambiante, qui tournent plus vite qu'elle; c'eſt cet effort du centre vers la circonférence, & l'effort reciproque de la circonférence vers le centre où elle eſt repouſſée par les tourbillons voiſins, c'eſt dis-je, cette action & cette réaction continuelles qui entretiennent l'équilibre du monde & qui cauſent dans la matiere ſubtile ou étherée ces vibrations, qui ſelon l'hypothéſe (du P. Malebranche) venant à ſe communiquer à l'organe de la vûe excitent en nous le ſentiment de la lumiere.... A cette deſcription M. de Mairan ajoute ſeulement que le bouillonnement du centre du tourbillon, ou l'agitation très-violente des parties qui compoſent un Soleil cauſent en lui une effuſion de corpuſcules, qui étant pouſſés en ligne droite à la ronde avec une force preſque infinie viennent frapper les corps ſolides qui ſe trouvent ſur leur chemin; la Terre, par exemple, ou les autres planetes & nos yeux & y excitent cet ébranlement qui nous fait appercevoir la lumiere. Les preſſions de l'éther & l'effort reciproque que le Soleil fait pour ſe dilater, ne feront la cauſe de la lumiere qu'entant qu'elles contraignent le Soleil de darder avec force ſes corpuſcules lumineux, à peu près comme on feroit rejaillir quelque liqueur enfermée dans un balon percé de pluſieurs trous ſi on le comprimoit entre ſes doigts. La viteſſe & la hauteur de chacun de ces petits jets ſeroit proportionnée à la compreſſion de la main, de même que la viteſſe & la hauteur des grands jets d'eau ſe regle ſur la compreſſion, ou ce qui eſt la même choſe ſur la hauteur du reſervoir. Ainſi la force avec laquelle le Soleil pouſſe la lumiere n'eſt autre choſe que la force même des preſſions de l'éther ou l'effet du poids immenſe du tourbillon du Soleil & de tous les tourbillons qui l'environnent. Par là il eſt aiſé de comprendre comment les rayons du Soleil peuvent parvenir en très-peu de tems juſqu'à nous

& passer même au-delà jusques dans les tourbillons voisins, qui renvoyent reciproquement vers le nôtre une partie de la lumiere de leurs étoiles.

24. M. de Mairan continue. On voit bien par la briéve exposition que je viens de faire de mon hypothése que je ne veux pas adopter avec elle la plûpart des opinions qui en ont été jusqu'ici comme inséparables, le vuide, par exemple, le atômes ou corpuscules indivisibles, leur pesanteur & leur mouvement innés, leur attraction & leur repulsion reciproques ; ouvrages de l'imagination qui décreditent un systéme très-vraisemblable par lui même, mais qui s'étoit toujours ressenti d'un vice d'origine & des erreurs de l'ancien tems où il commença de paroître. J'ai taché de l'en purger & de le rectifier sur des idées plus saines & sur les découvertes les plus recentes. Celle du tems de 7 ou 8 minutes que la lumiere employe à se communiquer donne un nouveau jour à ce systéme ; car dès que la propagation de la lumiere se fera par l'écoulement & le transport actuel des corpuscules qui en sont le sujet, il est clair qu'il y devra avoir quelque intervalle de tems entre l'instant auquel elle sort du corps lumineux & celui auquel elle entre dans l'œil. Il n'est pas moins évident qu'elle ne sçauroit plus se répandre que par des lignes droites, soit qu'elle parte directement du corps qui la produit, soit qu'elle soit refléchie par les surfaces des corps solides qu'elle vient heurter. De-là naissent les ombres, l'opacité des corps dont elle ne peut pénétrer les pores sans s'affoiblir ou s'éteindre par les diverses refléxions qu'elle y souffre, & enfin toutes les autres propriétés les plus connues de la lumiere qui sont entierement incompatibles avec le systéme des pressions.

25. M. de Mairan ne dissimule point les objections qu'on peut former contre son systéme, il les previent & il y répond. Il propose la premiere en ces termes. On demandera peut être encore comment est-ce que malgré cette impétuosité avec laquelle le Soleil peut pousser la lumiere, les rayons lumineux peuvent traverser en 7 ou 8 minutes

minutes toute la matiere étherée qui eſt entre le Soleil & nous, ſans que la réſiſtance de cette matiere les arrête ? Mais je demande à mon tour, répond M. de Mairan, qu'elle eſt la meſure de la réſiſtance de l'éther & ſon degré de fluidité, car c'eſt-là ce qui doit décider la queſtion ? Des Phyſiciens habiles, & tout enſemble grands Mathematiciens ont penſé que la réſiſtance de l'air devoit être à celle de l'eau, à peu près comme 1 à 800, c'eſt-à-dire en raiſon de leurs poids. Ainſi les corps qui ne ſeroient pas aſſez petits pour paſſer à travers les pores de l'eau & de l'air ſans en écarter les parties, trouveroient 800 fois moins de réſiſtance ou de difficulté à diviſer l'air & à le traverſer qu'ils n'en trouveroient à traverſer l'eau. Et puiſque rien n'empêche qu'il n'y ait dans la nature un fluide dont la réſiſtance ſoit 800 fois plus petite que celle de l'air, comme celle de l'air eſt 800 fois plus petite que celle de l'eau, & quelqu'autre encore qui reſiſte 800 fois moins que le dernier, & ainſi de ſuite à l'infini, il ne ſera pas mal aiſé de comprendre que l'éther ou peut être une matiere encore plus ſubtile qui remplit ſes interſtices puiſſe être traverſée avec tant de viteſſe par les corpuſcules lumineux. Il ne faudra pas aller bien avant dans la progreſſion pour trouver un tel fluide & pour concevoir la poſſibilité de cette viteſſe. Car en donnant 1 de réſiſtance à l'air & une 800^me^ partie de cette réſiſtance au fluide qui vient après ce feroit une 640000^me^ pour celui qui ſuit. Or ſuppoſé, ce qui eſt ordinaire qu'un boulet de canon parcoure dans l'air 220 toiſes en une ſeconde, il pourroit parvenir du Soleil juſqu'à nous en moins de 7 minutes, s'il ſe mouvoit toujours dans un pareil fluide; le calcul en eſt aiſé à faire & je néglige de le rapporter, mais il eſt défectueux en ce qu'apparemment la force qui chaſſe le boulet hors du canon eſt preſque infinement audeſſous de celle qui oblige le Soleil à darder ſes rayons, & par conſéquent le fluide dont je viens de parler, pourroit avoir beaucoup plus de réſiſtance que je ne lui en donne ſans qu'elle fût un obſtacle à la prompte propagation de la lumiere.

26. Une autre difficulté c'eſt de concevoir comment le Soleil auroit pû fournir de la lumiere dans des eſpaces ſi vaſtes depuis tant de ſiécles ſans diminuer de grandeur, ſans s'affoiblir & ſans ſe diſſiper.

27. On peut réſoudre cette objection de deux manieres, ou en montrant que la matiere lumineuſe eſt ſi ſubtile & ſi rare, que ſon effuſion ne ſçauroit diminuer ſenſiblement la groſſeur des aſtres qu'après pluſieurs milliers de ſiécles, ou en faiſant voir que la nature a des reſſources pour reparer la diſſipation continuelle que les aſtres font de cette matiere.

28. 1° Que la lumiere ſoit le fluide le plus rare & le plus ſubtil que nous connoiſſons, on peut le déduire d'un calcul aiſé à faire. Suppoſons que deux files de globules partent du centre du Soleil & qu'à la ſurface elles ſoient ſeulement écartées d'un diamétre de l'un d'eux, à la terre l'écart ſera de 200 diamétres, parce que la terre eſt éloignée du Soleil de 200 demi diamétres de cet aſtre, & à la diſtance de Saturne elles ſeront écartées de 2000 diamétres, parce que Saturne eſt 10 fois plus éloigné que la terre; & s'ils ſont repouſſés ou réfléchis de Saturne juſqu'à nous centralement ou comme venant du centre, un demi diamétre donnant un écart de 2000, 2000 demi diamétres donneront un écart de 4000000 diamétres, en ſuppoſant que le demi diamétre de Saturne eſt égal à celui du Soleil, mais il eſt environ 10 fois moindre; l'écart ſera donc de 40000000 diamétres de l'un des globules, la lumiere que Saturne refléchit vers nous eſt donc 40000000 plus rare qu'à la ſurface du Soleil. Cette preuve qui eſt tirée d'un Mémoire de 1728 n'eſt pas la ſeule que M. de Mairan apporte.

29. En ſecond lieu le Soleil peut reparer les pertes qu'il fait en deux manieres. 1°. Il peut recevoir de nouvelles parties lumineuſes déja toutes formées des autres aſtres, leſquels en envoyent vers lui comme il en pouſſe vers eux. 2°. La matiere éthérée des couches les plus proches de la ſurface du Soleil peut s'y introduire pour rem-

placer l'effusion des corpuscules lumineux, & après avoir fait plusieurs circulations acquerir les qualités essentielles à la lumiere. La reproduction continuelle de la flamme d'une lampe par le moyen du liquide qui lui sert d'aliment fournit une image sensible de cette opération de la nature ; & parce que le Soleil dans ses vibrations se contracte & se dilate ; c'est dans la contraction ou dans le resserrement qu'il lance la lumiere ; c'est dans la dilatation qu'il se remplit de la matiere des couches voisines, laquelle va occuper la place que les corpuscules lumineux ont quittée. Dans la nécessité d'abreger on a seulement pris le précis de ces deux reponses.

*La matiere de la lumiere & la figure des corpuscules qui la composent.*

30. Après ce qu'on a dit de la diversité des couleurs fondé sur les expériences de M. Newton, on seroit volontiers porté à croire que les rayons de la lumiere que l'on sçait être différemment refrangibles ont aussi leurs parties diversement figurées, & que la variété des couleurs ou la différence que l'on apperçoit dans les sensations que l'on en a est un effet de cette diversité, & que chaque couleur simple est analogue à une espece de figure ; ensorte que dans les couleurs comme dans les odeurs & les saveurs tout s'execute de la part des objets au moyen de la grosseur & de la figure des corpuscules qu'ils envoyent ou qui s'en détachent. Cependant M. de Mairan pour expliquer les couleurs n'attribue aux parties de la lumiere qu'une seule figure ; sçavoir, la spherique quoiqu'il reconnoisse avec M. Newton que les rayons qui la composent sont d'origine & par nature différemment refrangibles, & que ceux d'une même espece ont une disposition constante ou permanente à exciter le sentiment d'une certaine couleur par exclusion à toute autre. M. Decartes & le P. Malebranche donnent aussi aux corpuscules de la lumiere la figure spherique, avec cette différence que M. Decartes veut qu'ils soient absolument durs, & qu'au contraire le

P. Malebranche les ſuppoſe parfaitement mous. Mais M. Barow les conçoit comme autant de priſmes ou de cylindres droits, on en verra la raiſon lorſqu'on en ſera à la refraction & à la refléxion de la lumiere.

31. Quant à la matiere propre de la lumiere M. de Mairan entre dans un certain détail qui ne peut que ſervir à en faire mieux entendre les proprietés. La matiere en général n'a rien d'eſſentiel que l'étendue. Or l'étendue conſidérée en elle-même n'eſt ſuſceptible que de figure & de mouvement. Tous les corps du monde ne peuvent donc différer entr'eux que par les figures & les mouvemens des parties viſibles ou inviſibles qui les compoſent, ou ce qui revient au même par les différentes groſſeurs & par les divers arrangemens de ces parties. Des principes ſi ſimples en apparence ſont pourtant la ſource d'une prodigieuſe variété....... L'on a auſſi donné le nom de principes des corps ou des mixtes aux matieres les plus ſimples, dans leſquelles l'art les a pû reduire. Ces ſeconds principes en quelque façon plus materiels que les précedens ſont ceux qu'on appelle *chimiques*. Ce ſont de petits amas de matiere, des corpuſcules, dont les parties inſenſibles ont reçû certaines configurations ou certains mouvemens, & qui ſont tellement liées les unes avec les autres, ou d'une ſi grande ſubtilité qu'aucune analyſe n'a pû juſqu'ici les ſéparer. C'eſt l'un de ces principes, dit M. de Mairan, qui fait ſelon moi la matiere de la lumiere. Je conçois que cette matiere doit être par tout la même en ce qui en fait le fond, & que celle d'un corps lumineux ne différe de celle d'un autre corps lumineux que par le mélange des corpuſcules étherogénes qui la déguiſent, & par le plus ou le moins de denſité ou de mouvement. Par exemple, la lumiere du Soleil eſt ſans doute plus épurée, plus denſe & plus violemment agitée que celle de la flamme ordinaire, comme celle-ci l'eſt plus apparemment que la lumiere de la plûpart des phoſphores & des noctiluques. Je crois donc que la matiere lumineuſe conſiſte en un ſoulfre très-ſubtil & très-agité, & que ce n'eſt autre choſe que le principe actif des Chimiſtes, ainſi nommé, parce qu'il

agit ſeul & qu'il fait agir les autres. Car des cinq principes de Chimie, il n'y a que le ſoulfre qui ait cette proprieté : parmi les autres quatre, on en compte un purement paſſif qui eſt la *terre*, laquelle ne fait que ſervir de receptacle ou de guaîne aux autres, & trois moyens qui ſont le *ſel*, l'*eau*, & le *mercure*, leſquels deviennent capables d'agir lorſqu'ils ſont joints au ſoulfre. Il faut bien diſtinguer le ſoulfre commun, ou les matieres graſſes, huileuſes & ſulfureuſes, du ſoulfre dont il eſt ici queſtion; car quoiqu'elles abondent en ce principe, néanmoins comme elles peuvent être décompoſées & reduites par analyſe en des matieres plus ſimples, elles ne ſçauroient être miſes qu'au rang des mixtes, & par conſéquent elles ne ſont pas des principes. Le ſoulfre principe ( & il a cela de commun avec le ſel principe ) échappe à nos yeux, & nous ne pouvons le voir que joint à quelqu'un des trois autres. Il eſt ſi delié, ſi volatif & ſi actif, qu'on ne peut le degager des matieres qui lui ſervent de vehicule, ſans qu'il n'en enleve pluſieurs parties avec ſoi, ou ſans qu'il ne ſe diſſipe lorſqu'il a reçû tous les degrés de mouvement & d'agitation néceſſaires pour ſe degager de ſes enveloppes & pour devenir lumiere, on ne peut pas dire encore qu'il ſoit viſible ; car à la rigueur on ne voit pas la lumiere, on voit ſeulement le corps lumineux qui la produit, & les corps qui la reflêchiſſent ou qu'elle éclaire. Un rayon de lumiere, par exemple, qui par le moyen de deux petits trous, perce de part en part une chambre obſcure, ne ſçauroit être apperçû des perſonnes qui y ſont dedans à moins qu'on ne lui oppoſe quelque corps, ou qu'il ne s'éleve dans la chambre de la pouſſiere & quelque fetu, ou que l'air qu'il a à traverſer ne ſe trouve fort groſſier & fort denſe.

32. J'ajoute encore ici touchant la matiere lumineuſe en général, que les corpuſcules qui la compoſent ne ſont autre choſe que des petits amas de ce fluide ſubtil, ou du ſoulfre, réduits en globules qui tournent autour de leurs centres. Leur groſſeur doit varier infiniment, mais elle

ne ſçauroit être au-deſſus d'une certaine meſure pour exciter dans nos yeux l'ébranlement de la viſion, & je les juge beaucoup plus gros que les globules de la matiere ſubtile proprement dite. Je donnerai des raiſons de tout cela autant que le comporte la nature du ſujet.

*La refléxion & la refraction de la lumiere.*

33. On a ſuppoſé comme un principe d'expérience que la lumiere qui tombe ſur des miroirs ou ſurfaces polies eſt refléchie faiſant l'angle de refléxion égal à l'angle d'incidence; on a auſſi ſuppoſé comme une choſe connue par des obſervations exactes, que ſi elle pénétre un nouveau milieu, elle ſe refracte en telle ſorte que le ſinus de l'angle de refraction eſt au ſinus de l'angle d'inclinaiſon dans un rapport conſtant : or ces deux proprietés ſont ſi conſidérables par la multiplicité des effets qui en naiſſent, qu'elles meritent bien qu'on tâche de les expliquer par leurs cauſes, & que l'on remonte s'il eſt poſſible juſqu'aux principes auxquels elles tiennent.

*La refléxion de la lumiere.*

34. La maniere d'expliquer la refléxion de la lumiere dépend de la figure des corpuſcules lumineux; s'ils ſont ſpheriques & élaſtiques comme dans le ſentiment du P. Malebranche & de M. de Mairan, la force de chaque globule ſe réſout à la rencontre d'une ſurface polie en force verticale ou perpendiculaire & en force parallele ou horiſontale, celle-ci demeure toute entiere ſans être diminuée, mais la force verticale ſe conſume à preſſer le globule & à comprimer ſon reſſort : or la compreſſion finiſſant le globule recouvre toute ſa force verticale parce que le reſſort la lui redonne, mais en ſens contraire, c'eſt-à-dire qu'elle tend à l'éloigner de la ſurface refléchiſſante au lieu qu'elle le tenoit applati contre cette ſurface, donc la compreſſion finiſſant le globule ſera pouſſé dans le ſens horiſontal & dans le ſens vertical par deux forces égales aux forces reſultantes de la force primitive, leſquelles ſe

composeront en une force qui sera égale à la force primitive, & semblablement appliquée au globule, c'est-à-dire que la direction de cette force sera avec la surface refléchissante le même angle que la ligne d'incidence, par conséquent l'angle de refléxion sera égal à l'angle d'incidence, comme on l'a expliqué plus en détail dans les principes ; c'est pourquoi on n'insiste pas d'avantage sur cette preuve.

On a fait voir dans le même endroit que si les globules de la lumiere étoient absolument durs & incompressibles, comme M. Decartes le prétend, la refléxion seroit nulle ou n'auroit point lieu.

35. Voyons comment M. Barow explique la refléxion en supposant que les corpuscules de la lumiere sont des prismes droits. Supposons que le parallelogramme ABCD (*Fig.* 115, ) représente un rayon qui rencontre obliquement la surface refléchissante EF, au moment que le point B touchera à cette surface ne pouvant plus avancer en ligne droite sera comme repoussé en arriere & tendra à se refléchir suivant BA, tandis que le point D ne trouvant aucune résistance pourra continuer de se mouvoir suivant CDH, les deux points extrémes B D seront donc également poussés l'un en avant & l'autre en arriere ; il est clair que chacun de ces efforts ne peut avoir son effet à moins que la base BD ne tourne autour du point Z également distant des points BD ; donc pendant que le point B décrira l'arc B*b*, le point D décrira l'arc D*d* égal à l'arc B*b*, & lorsqu'il touchera la surface EF au point *d*, le rayon aura la situation *a b d c* semblable à la situation ABDC, & le point *d* faisant effort pour avancer suivant *c d* sera repoussé suivant *d c*, pendant que le point *b* fait effort pour avancer suivant *b a* : or ces deux efforts devant avoir chacun leur effet, il est nécessaire que le rayon soit mû suivant une ligne parallele à *b a* & à *d c*, par conséquent l'angle de refléxion F *d c* sera égal à l'angle d'incidence ABE.

36. On pourroit demander ici pourquoi la lumiere est

refléchie si regulierement à la rencontre des surfaces polies des miroirs ; car les preuves qu'on vient de donner de l'égalité des angles de refléxion & d'incidence supposent que ces surfaces sont parfaitement polies & sans aucune inégalité ; or cette supposition n'a point lieu dans la nature, c'est de quoi on peut se convaincre soit que l'on examine avec un microscope les surfaces les plus unies, soit que l'on fasse attention à la maniere dont on les polit. 1°. Si on regarde avec un bon microscope les surfaces qui paroissent les plus lisses au toucher & à l'œil tout nud, on y découvre divers sillons, des profondeurs & des éminences incomparablement plus grandes que ne le sont les corpuscules de la lumiere. 2°. On polit les surfaces par le frottement d'autres surfaces qui sont moins raboteuses, mais qui le sont toujours assez pour laisser sur la surface qu'on polit une infinité d'inégalités, car si l'une d'elles ou toutes deux étoient parfaitement polies elles n'auroient aucune prise l'une sur l'autre ; d'ailleurs une surface parfaitement unie est inconcevable dans l'état actuel des corps, car ceux qui sont les plus denses & les plus compactes sont percés d'une multitude innombrable de petits trous tant à la surface que dans l'interieur & que l'on nomme pores ; de sorte que quelque soin que l'on prenne de les polir en diminuant de l'épaisseur, on est assuré que plusieurs pores viendront à la surface à mesure que quelques autres se boucheront ; ainsi on ne peut point se flatter dans l'état actuel d'avoir des surfaces parfaitement égales ; d'où vient donc qu'étant si peu unies ou si raboteuses par rapport à la lumiere, cependant il y en a quelques unes qui la refléchissent avec tant de regularité.

37. On convient que les surfaces des corps grossiers & sensibles ne sont point celles qui refléchissent & qui refractent immédiatement la lumiere, car il y a aussi de la difficulté par rapport à la maniere dont elle se refracte. On peut lever l'une & l'autre difficulté tant dans le systéme du plein que dans l'hypothése du vuide. Si on embras-

se le systéme du plein, on soutient qu'il y a une matiere subtile qui remplit exactement tous les espaces que l'on pourroit regarder comme vuides, elle a toute la force qui lui est nécessaire pour s'insinuer dans tous les plis & les replis où il pourroit y avoir du vuide, elle pénétre tous les corps & les imbibe pour ainsi dire de sa substance, la petitesse & la profondeur des pores ne sont point un obstacle suffisant pour l'empêcher d'entrer & de les remplir, parce qu'elle est toujours prête à se diviser & à se subdiviser en parties de plus en plus petites & d'une tenuité sans bornes : or c'est cette matiere qui est le milieu immédiat de la refraction, comme il sera dit dans peu, & qui remplissant exactement les cavités ou les profondeurs qui sont à la surface d'un corps poli, par exemple, de l'acier ou du verre, & les égalant aux éminences & aux hauteurs qui s'y rencontrent, comme feroit un enduit ou une legere couche d'un fluide sensible, la dispose à refléchir uniformément les rayons de la lumiere. A proprement parler ce n'est point cette matiere qui présente à la lumiere la surface refléchissante, & qui la repousse pour ainsi dire, car les espaces celestes en sont remplis & les corps diaphanes en sont pénétrés, & cependant la lumiere ne laisse pas de les traverser ; mais la matiere subtile se mélant avec d'autres matieres moins fluides ou plus resistantes, elle prépare à la lumiere une surface lisse & unie en remplissant les pores du corps poli & des autres fluides avec lesquels elle se mêle, la quantité ou le degré du mélange dépend de la matiere propre de chaque corps, du nombre, de la figure & de la disposition des pores.

38. M. Newton qui suppose le vuide penche aussi à croire que les matieres grossieres, l'eau, le verre &c. ne refractent & ne refléchissent la lumiere qu'au moyen d'un milieu fluide qui les environne & qui entre dans leurs pores. Il s'explique ainsi dans la question dix-neuviéme de son optique. La refraction de la lumiere ne provient-elle pas de ce milieu ( étheré ) la lumiere s'éloignant toujours des parties du milieu qui sont les plus denses, & sa den-

ſité n'eſt-elle pas plus grande dans les eſpaces libres & vuides d'air & d'autres corps groſſiers que dans les pores de l'eau, du verre, du criſtal, des pierres précieuſes & d'autres corps compactes : car lorſque la lumiere paſſe au travers du verre ou du criſtal, & que tombant fort obliquement ſur la ſurface du verre la plus éloignée, elle eſt totalement refléchie, cette refléxion totale doit plûtôt venir de la denſité & de la vigueur du milieu hors du verre & au-delà du verre que de ſa rareté ou de ſa foibleſſe. Il paroît par ce diſcours que M. Newton attribue la refléxion de la lumiere qui ſe fait à la ſeconde ſurface d'un verre lorſqu'elle y tombe trop obliquement, à la denſité & à la vigueur du milieu qui eſt hors du verre & au-delà du verre : ainſi ſuivant lui ce n'eſt point tant la ſurface du verre, que le milieu qui la touche immédiatement qui la refléchit.

*La refraction de la lumiere.*

39. On peut faire deux queſtions ſur la refraction de la lumiere. 1°. Pourquoi lorſque la lumiere traverſe un milieu plus denſe, comme lorſqu'elle paſſe de l'air dans l'eau ou dans le verre, elle s'approche de la perpendiculaire d'incidence, & qu'elle s'en approche d'avantage ſi le milieu qu'elle pénétre devient de plus en plus denſe, & qu'au contraire elle s'éloigne de la perpendiculaire ſi elle paſſe dans un milieu moins denſe, par exemple, de l'eau ou du verre dans l'air. La ſeconde queſtion, c'eſt de ſçavoir pourquoi les ſinus des angles d'inclinaiſon & de refraction ſont dans un rapport conſtant, quelle que puiſſe être l'inclinaiſon des rayons incidens.

40. Les ſentimens ſont partagés ſur la premiere queſtion. Il y a des auteurs qui regardant les milieux les plus denſes comme les plus reſiſtans, prétendent que ſi la lumiere en les traverſant s'approche de la perpendiculaire, c'eſt parce qu'elle y trouve une plus grande reſiſtance. Il eſt cependant certain que ſi on tire un mouſquet contre une eau dormante en l'inclînant à la ſurface, la bale ſe

refractera en s'éloignant de la perpendiculaire, ce qui est d'ailleurs conforme aux principes de la méchanique : or la bale trouve plus de résistance à pénétrer l'eau qu'à se mouvoir dans l'air, par conséquent si un corps spherique passe dans un milieu plus résistant il se refracte en s'éloignant de la perpendiculaire. Cela posé, si la lumiere est composée de corpuscules spheriques, comme il y a tout lieu de le croire, vû la regularité de leur refléxion ; en pénétrant un milieu qui leur ressiste d'avantage, la refraction ou le detour qu'ils prendront les écartera de la perpendiculaire ; si au contraire ils entrent obliquement dans un milieu moins résistant ils s'approcheront de la perpendiculaire : or puisque l'expérience démontre que si la lumiere passe dans des milieux de plus en plus denses, elle s'approche toujours d'avantage de la perpendiculaire, il s'ensuit que plus ils sont denses moins ils resistent à la lumiere. Cela posé, la difficulté consiste à sçavoir, pourquoi la lumiere trouve moins de resistance dans les milieux les plus denses, ce qui est le contraire de ce qui arrive aux corps grossiers.

41. La solution se tire de ce qu'on vient de dire de la matiere subtile ; plus les milieux sont denses plus les pores en sont serrés & étroits, plus les pores d'un milieu sont petits plus la matiere subtile qui les remplit est épurée, ou son mélange avec les autres fluides grossiers & plus resistans en est moindre, donc la resistance que la lumiere trouve en les pénétrant doit être aussi moindre : or c'est le fluide qui remplit ces pores qui est le milieu refringent, car les milieux sensibles au toucher & à la vûe comme l'eau, le verre & les autres matieres transparentes ne sont que les canaux ou les reservoirs du fluide qui refracte la lumiere : donc plus ces reservoirs auront de densité plus la lumiere aura de facilité à les traverser, ainsi elle s'approchera d'avantage de la perpendiculaire. On vient de voir que M. Newton qui raisonne dans la supposition du vuide est porté à admettre un milieu, qui étant la cause de la refraction est plus dense dans les espaces libres & hors du

verre que dans le verre, c'eſt-à-dire qu'il eſt plus denſe dans l'air que dans le verre & dans les autres matieres diaphanes; or ſuivant M. Newton plus un milieu eſt denſeplus il reſiſte; donc ſuivant M. Newton la lumiere trouve plus de reſiſtance à travers l'air qu'à travers le verre & les autres matieres diaphanes plus denſes: or puiſque la lumiere paſſant de quelqu'une de ces matieres dans l'air ſe refracte en s'éloignant de la perpendiculaire, il s'enſuit conformément aux principes de M. Newton que ſi elle traverſe un milieu plus reſiſtant, elle doit s'écarter de la perpendiculaire, & s'en approcher s'il eſt moins reſiſtant. Ainſi ſoit, que l'on raiſonne dans l'hypothéſe du plein ou du vuide, dès qu'on voudra s'en tenir aux principes les plus connus de la Phyſique & y conformer ſes aſſertions, on trouvera que ſi la lumiere ſe refracte en s'approchant de la perpendiculaire, c'eſt qu'elle trouve moins de reſiſtance dans le milieu refringent, & que ſi elle s'en éloigne, c'eſt qu'elle en trouve d'avantage; d'où il ſuivra que l'air reſiſte à la lumiere plus que l'eau, & l'eau plus que le verre. Il y a cependant des Phyſiciens qui prétendent que ſi la lumiere pénétrant un nouveau milieu s'écarte de la perpendiculaire d'incidence, c'eſt qu'elle y trouve une moindre reſiſtance, & qu'au contraire elle en trouve d'avantage ſi en pénétrant le milieu elle s'approche de la perpendiculaire. Pour arriver à cette concluſion ils ſe fondent ſur ce principe de pure Métaphyſique; ſçavoir, que la lumiere en ſe refractant doit ſuivre le chemin du tems le plus court. On peut voir là-deſſus ce qu'on en a dit dans les principes. On verra bientôt que M. Barow ſuppoſant que les parties de la lumiere ſont cylindriques ou ſemblables à des parallelopipedes droits conclut auſſi de ſes raiſonnems que ſi la lumiere pénétre un milieu plus reſiſtant, elle ſe refracte en s'approchant de la perpendiculaire; or M. Hartſœker ſuppoſant de même que la lumiere eſt compoſée de parties cylindriques, fait des raiſonnemens d'où l'on peut déduire que ſi la lumiere paſſe dans un milieu qui reſiſte

moins, elle se détourne en s'approchant aussi de la perpendiculaire. Ces deux sentimens sont évidemment contraires. Car si un rayon s'approche de la perpendiculaire lorsqu'il entre dans un milieu plus resistant, il doit s'en écarter si étant conditionné de la même maniere il entre dans un milieu moins resistant. On en fera la comparaison lorsqu'on rapportera la preuve que M. Barow donne du rapport constant des sinus des angles d'inclinaison & de refraction, sur lequel roule la seconde question qu'on va examiner.

42. Voici les suppositions suivant lesquelles on va déterminer le rapport constant des sinus des angles d'inclinaison & de refraction. 1°. Si la lumiere se meut dans un milieu homogéne ou de même densité sa vitesse est uniforme. Car tout milieu corporel ou materiel resiste au mouvement, & à chaque instant il ôte au mobile quelque partie de sa vitesse. Cela posé si la lumiere étoit mûe dans un milieu non resistant, sa vitesse seroit accelerée sans cesse, parce que le corps lumineux agissant sur elle sans interruption, lui imprimeroit à chaque instant un nouveau degré de vitesse, de même que les corps pesans en reçoivent du principe de la pesanteur pendant tout le tems de leur chute : mais parce que la lumiere se meut dans un milieu resistant, lorsque sa vitesse sera telle que la resistance qui en naît sera égale aux efforts instantanés du corps lumineux & qu'elle les détruira à mesure qu'ils tendent à lui en imprimer des nouveaux, pour lors ces forces égales se balançant l'une l'autre & étant dans un parfait équilibre, la lumiere cessera d'être accelerée, & rien ne détruisant la vitesse qui lui a été imprimée elle sera mûe uniformement.

43. 2°. Si la lumiere passe dans un milieu plus resistant sa vitesse est retardée, parce que les efforts du corps lumineux étant moindres que la resistance actuelle du milieu, il est nécessaire que la lumiere qui la surmonte perde une partie de sa vitesse. 3° Si au contraire le nouveau milieu est moins resistant, la vitesse de le lumiere sera

augmentée. Car la resistance actuelle du milieu étant inférieure aux efforts instantanés du corps lumineux, elle n'en détruira qu'une partie ; donc le surplus n'étant point contrebalancé ni en équilibre avec aucune force s'appliquera à la lumiere & en augmentera la vitesse. 4°. Si la lumiere pénétre un nouveau milieu avec différens degrés d'obliquité sa vitesse est également accelerée ou retardée. Car dans toutes ces différentes inclinaisons d'un rayon incident à l'égard de la surface refringente, le milieu lui opposera toujours la même resistance, puisque la vitesse du rayon ou du corpuscule lumineux est la même, & que d'ailleurs la resistance se regle sur la vitesse ou sur le quarré de la vitesse. Donc la resistance du milieu étant la même & l'effort instantané du corps lumineux aussi le même, il est nécessaire que la vitesse soit également accelerée ou retardée. On peut ajouter que suivant quelque inclinaison que le corpuscule lumineux pénétre dans le nouveau milieu, il aura toujours la même quantité de matiere à déplacer pour s'insinuer ; ainsi sa vitesse étant la même la resistance du milieu sera aussi la même : or la resistance du milieu étant la même pour toutes les différentes inclinaisons, il est nécessaire que la vitesse soit également augmentée ou diminuée. 5°. On suppose que les corpuscules de la lumiere sont assez petits pour que la refraction se fasse dans un instant.

44. Supposons que le corpuscule lumineux A (*Fig.* 116) se mouvant dans le milieu Z va choquer la surface refringente LL suivant la direction oblique AC, le milieu X qu'elle sépare du milieu Z étant supposé moins resistant. 1°. Aussi-tôt que le corpuscule touchera la surface LL au point C sa vitesse sera augmentée, puisque le milieu X resiste moins que le milieu Z. 2°. Dans l'instant que le corpuscule A touchera la surface LL au point C, & qu'il sera encore tout entier dans le milieu Z, il tendra à s'éloigner de la perpendiculaire ECG de tout autant qu'il tend à s'en approcher étant en A, puisque le milieu Z lui resiste autant en C qu'en A, & que d'ailleurs en C com-

me en A il eſt tout entier dans le milieu Z : or la tendence du corpuſcule A à s'approcher de la perpendiculaire ECG eſt exprimée par AF ou CS, donc la tendence qu'il a à s'en éloigner lorſqu'il eſt en C eſt exprimée par une ligne CK égale à AF ; donc le corpuſcule lumineux étant au point C, la refraction doit ſe faire de telle ſorte qu'elle ſatisfaſſe à ces deux conditions ; ſçavoir, que la viteſſe ſoit augmentée, & que la détermination à s'éloigner de la perpendiculaire ECG ait tout ſon effet.

45. Cela poſé. Voici comment on peut démontrer que le rapport du ſinus de l'angle d'inclinaiſon au ſinus de refraction eſt conſtant. Suppoſons que l'augmentation de viteſſe eſt exprimée par EB ; ſi du point C comme centre & de l'intervalle CB on décrit le quart de cercle GDH, & que du point K on mene KD parallele à ECG, & du point C le demi diamétre CD. Je dis que le corpuſcule lumineux ſuivra la détermination CD. Car la viteſſe dans le milieu Z étant exprimée par AC ou EC & l'augmentation par EB, la viteſſe dans le milieu X ſera exprimée par CB ou CD, donc par cette viteſſe le corpuſcule lumineux arrivera à quelque point de l'arc GDH dans un tems égal au tems par AC ; mais le détour que le corpuſcule prend, ou la direction qu'il ſuit doit ſe combiner avec la détermination qu'il a à s'éloigner de la perpendiculaire ECG de telle ſorte que cette tendence ait tout ſon effet, donc pendant que le corpuſcule ira à quelque point de l'arc GDH, il faudra qu'il s'éloigne de la perpendiculaire ECG de toute la longueur CK ou DO ; donc ſi le corpuſcule arrive en D il aura ſatisfait aux deux conditions, ce qui eſt évident, donc le corpuſcule pénétrant dans le milieu X ſuivra la direction CD. Cela poſé, ſoit prolongée AC juſqu'au point M de l'arc GDH, & ſoit tirée MN perpendiculaire à ECG. Les deux triangles ſemblables CMN, CAF donneront la proportion CM. CA : : MN. AF ou DO. Prenant CM pour ſinus total MN ſera le ſinus de l'angle d'inclinaiſon MCN ou ACF, & DO ſera le ſinus de l'angle de refraction DCO ; donc

le ſinus de l'angle d'inclinaiſon eſt au ſinus de l'angle de refraction dans le rapport des lignes CM AC, leſquelles repréſentent la viteſſe augmentée & la viteſſe primitive; or ces viteſſes ſont les mêmes quelque ſoit l'angle d'inclinaiſon ACF, donc elles ſont dans un rapport conſtant; par conſéquent les ſinus MN DO qui ſont dans le même rapport, ſont auſſi dans un rapport conſtant.

46. Si le corpuſcule lumineux paſſoit dans un milieu plus reſiſtant ſa viteſſe ſeroit retardée, & l'on prouveroit par des raiſonnemens ſemblables que le rapport dont il s'agit eſt auſſi conſtant.

47. On va rapporter la preuve que M. Barow donne de la refraction. Le parallelogramme ABCD (*Fig.* 117) repréſente un rayon de lumiere qui va rencontrer obliquement la ſurface EF d'un milieu plus reſiſtant. Il eſt clair que le point B ſera un peu retardé, & que le point D continuant de ſe mouvoir dans le milieu moins reſiſtant conſervera toute ſa viteſſe, les deux points B D ſeront donc mûs avec des viteſſes inégales; ſçavoir, le point B dans le milieu plus reſiſtant avec la moindre, & le point D dans le milieu moins reſiſtant avec la plus grande: or ces mouvemens ne peuvent s'executer à la fois & en même tems, à moins que les deux points BD ne tournent autour d'un point Z en décrivant les arcs B*b*, D*d*; mais puiſque c'eſt le point B qui eſt mû le moins vîte, il s'enſuit qu'il décrira le moindre arc; lorſque le point B aura décrit l'arc B*b* & le point D l'arc D*d*, le rayon touchant alors dans toute ſa largeur BD ou *bd* le milieu plus reſiſtant, le point D ceſſera de ſe mouvoir avec plus de viteſſe que le point B, puiſqu'il trouve la même reſiſtance, donc la baſe BD ayant la ſituation *bd*, le rayon ſera mû ſuivant une ligne parallele aux tangentes *b a* *d x* qui ſont les directions des points B, D ou *b*, *d* au moment que le moument circulaire ceſſe.

48. Cela poſé, il eſt évident. 1°. que le rayon en ſe refractant s'eſt approché de la perpendiculaire BM ou *d*N, c'eſt-à-dire que ſa longueur BA ou *b a* fait avec cette

cette perpendiculaire un moindre angle après qu'avant la refraction. Car l'angle B*d*N est droit, l'angle *bdx* est aussi droit; donc retranchant la partie commune *bd*N, l'angle N*dx* est égal à l'angle B*d*Z. De même les angles EBM, GBZ sont droits, retranchant l'angle commun ZBM, l'angle EBZ sera égal à l'angle GBM qui est l'angle d'inclinaison, comme l'angle N*dx* ou son égal B*d*Z est l'angle de refraction : or l'angle GBM ou son égal EBZ est plus grand que l'angle B*d*Z, puisqu'il est exterieur; donc l'angle d'inclinaison est plus grand que l'angle de refraction; donc le rayon entrant dans un milieu plus resistant s'est refracté en s'approchant de la perpendiculaire.

49. Le rapport constant des sinus des angles d'inclinaison & de refraction se démontre ainsi. Dans le triangle *d*BZ, l'angle ZB*d* a le même sinus que l'angle EBZ qui est égal à l'angle d'inclinaison, de sorte que dans le triangle *d*BZ les sinus des angles ZB*d*, B*d*Z seront les mêmes que les sinus des angles d'inclinaison & de refraction; or les sinus des angles ZB*d* B*d*Z sont entr'eux comme les côtés opposés *d*Z BZ; donc ils sont aussi entr'eux comme les demi diamétres DZ BZ, qui ont décrit les arcs B*b* D*d*: or qu'elle que soit l'inclinaison du rayon ABDC le milieu dans lequel le point B pénétre fera toujourssla même resistance, & ce point sera également retardé, & le point D ayant toujours la même vitesse dans le milieu moins resistant, il sera nécessaire que les arcs B*b* D*d* ayent toujours entr'eux le même rapport, donc les demi diamétres DZ BZ auront aussi entr'eux le même rapport, puisque les arcs B*b* D*d* sont semblables, donc le rapport des sinus des angles d'inclinaison & de refraction sera le même.

50. M. Hartsoeker supposant aussi que le rayon ABDC a la figure d'un prisme droit raisonne ainsi pour déterminer la route qu'il doit tenir en entrant dans le nouveau milieu. Soit ABDC un rayon de lumiere qui après avoir

traversé en ligne droite une matiere subtile, comme, par exemple, celle qui est entre les particules de l'air, & dont il étoit également pressé de toutes parts, rencontre obliquement au point B une matiere plus subtile, comme, par exemple, celle qui est dans les petits corps creux qui composent le verre: or comme cette derniere matiere, étant plus subtile, doit presser & pousser ce rayon avec moins de force que l'autre d'où il sort, il est évident que ce rayon étant ainsi serré dès le point B entre ces deux matieres de force inégale sera contraint, malgré l'effort qu'il fera par sa rapidité pour continuer son mouvement en ligne droite, de suivre la pression de la matiere qui est superieure en force, & à laquelle l'autre matiere sera obligée de ceder, & ainsi le rayon s'approchera à chaque instant tant soit peu de la perpendiculaire BM, prenant son chemin le long d'une ligne courbe, jusqu'à ce que sa partie D se soit plongée dans la même matiere où sa partie B s'étoit déja plongée. Mais si un rayon comme *abdx* après avoir traversé en ligne droite une matiere subtile, avoit rencontré au point *d* une matiere moins subtile, dont il auroit été par conséquent pressé avec plus de force que sur l'autre, il se seroit détourné de la perpendiculaire, par une semblable raison que nous venons de voir qu'il s'en est approché.

51. Il est clair qu'une matiere plus subtile, qui est inferieure en force, qui est obligée de ceder, présente l'idée d'un milieu moins resistant: or suivant l'Auteur le rayon ABDC entrant dans ce milieu s'approche de la perpendiculaire, & cependant suivant M. Barow le rayon ABDC entrant dans un milieu plus resistant s'approche aussi de la perpendiculaire. Ces deux sentimens sont donc contraires, c'est ce qu'on s'étoit proposé de remarquer.

*Les couleurs.*

52. M. Descartes pour expliquer les couleurs suppose que les globules de la lumiere tournent chacun sur leur

centre & que ces mouvemens de rotation ſont en différentes proportions avec le mouvement direct commun à tous. Ainſi les globules qui tendent à tourner avec plus de force qu'à ſe mouvoir en ligne droite font voir du rouge, ceux qui n'y tendent qu'un peu plus fort cauſent le jaune, s'ils tournent ſeulement quelque peu moins vîte qu'ils ne ſe meuvent en ligne droite ils feront voir du verd & le bleu paroîtra là où ils tourneront beaucoup moins vîte. M. Decartes fait donc conſiſter les couleurs dans les différens degrès de force réſultante du mouvement direct & du mouvement de rotation des globules. Les forces des globules ne differeront donc que du plus ou du moins & n'exciteront dans l'organe de la viſion que des ébranlemens plus ou moins forts; or ſuivant la remarque du P. Malebranche le plus & le moins de la force ou de la foibleſſe de l'ébranlement du nerf optique ne change point l'eſpece de la couleur, mais ſeulement la nuance en ce que les couleurs d'une même eſpece paroiſſent plus vives les unes que les autres; l'hypothéſe de M. Decartes eſt donc inſuffiſante pour expliquer les couleurs, d'ailleurs le P. Malebranche avoit auſſi remarqué qu'elles ne peuvent point ſubſiſter avec la dureté des globules.

53. M. de Mairan releve encore dans cette explication un défaut eſſentiel qui en démontre la fauſſeté. Supposons que pluſieurs globules de la lumiere qui ont différentes quantités de tournoyement ſur leurs centres, en même ſens ou en des ſens directement oppoſés tombent parallelement ſur un plan uni qui les refléchiſſe, la reflexion de chacun de ces globules ſera différente ſelon le différent degré de rotation qu'il a, car ce mouvement augmentera ou diminuera le mouvement horiſontal ou parallele au plan ſelon qu'il ſera plus ou moins grand, favorable ou contraire; ainſi quoique les lignes d'incidence faſſent toutes avec le plan le même angle, les angles de refléxion étant inégaux les globules des différentes couleurs ſe ſépareront, la lumiere blanche ſe décompoſeroit donc dans ſes couleurs par la ſeule refléxion; ce qui eſt contraire à l'expérience.

54. Le P. Malebranche peu content de l'explication que M. Decartes donne des couleurs, les fait consister dans le plus ou le moins de promptitude des vibrations de pression. Car suivant ce qu'on vient de remarquer le plus ou le moins de force dans ces vibrations ne change point l'espece de la couleur : or les vibrations de pression lesquelles constituent la lumiere ne peuvent être que fortes ou foibles, promptes ou lentes; il reste donc que les couleurs consistent dans le plus ou le moins de promptitude avec laquelle les vibrations succedent les unes aux autres. L'Auteur après avoir exposé le sentiment qu'il a de la nature & de la propagation de la lumiere & des couleurs qui y paroissent entre en preuve, & il fait remarquer.

55. 1°. Que le son ne se fait entendre que par le moyen des vibrations de l'air, qui ébranlent le nerf de l'oreille; car lorsqu'on a tiré autant qu'on l'a pû l'air de la machine pneumatique, le son ne s'y transmet plus lorsqu'il est médiocre, ou d'autant moins que l'air y est plus rarefié.

56. 2°. Que la différence des tons ne vient point de la force des vibrations de l'air, mais de leur promptitude plus ou moins grande, comme tout le monde sçait.

57. 3°. Quoique les impressions que les objets font sur les organes de nos sens, ne différent quelque fois que du plus ou du moins, les sentimens que l'ame en reçoit différent essentiellement. Il n'y a point de sensations plus opposées que le plaisir & la douleur. Cependant tel qui se gratte avec plaisir, sent de la douleur s'il se gratte un peu plus fort, parce que le plus & le moins de mouvement dans nos fibres différe essentiellement par rapport au bien du corps, & que nos sens ne nous instruisent que de ce rapport. Il y a bien de l'apparence que le doux & l'amer qui causent des sensations si opposées ne différent souvent que du plus ou du moins, car il y a de gens qui trouvent amer ce que les autres trouvent doux,.. Il est certain que les couleurs dépendent naturellement de l'ébralement de l'organe de la vision. Or cet ébranlement ne peut être que fort & foible, ou que prompt & lent. Mais l'expérience

apprend que le plus & le moins de la force ou de la foiblesse de l'ébranlement du nerf optique ne change point l'espece de la couleur, puisque le plus ou le moins de jour dont dépend le plus ou le moins de cette force, ne fait point voir ordinairement les couleurs d'une espece différente & toute opposée. Il est donc nécessaire de conclure que c'est le plus & le moins de promptitude dans les vibrations du nerf optique, ou dans les secousses des esprits qui y sont contenus, laquelle change les especes des couleurs, & par conséquent que la cause de ces sensations vient primitivement des vibrations plus ou moins promptes de la matiere subtile qui compriment la retine.

58. Ainsi il en est de la lumiere & des diverses couleurs comme du son & des différens tons. La grandeur du son vient du plus & du moins de force des vibrations de l'air grossier, & la diversité des tons du plus ou du moins de promptitude de ces mêmes vibrations, comme tout le monde en convient. La force ou l'éclat des couleurs vient donc aussi du plus & du moins de force des vibrations, non de l'air, mais de la matiere subtile; & les différentes especes de couleurs du plus & du moins de promptitude de ces mêmes vibrations.

59. Lorsqu'on a regardé le Soleil, & que le nerf optique a été fort ébranlé par l'éclat de sa lumiere, à cause que les fibres de ce nerf sont situés au foyer des humeurs transparentes de l'œil : alors si l'on ferme les yeux ou si l'on entre dans un lieu obscur l'ébranlement du nerf optique ne changera que du plus ou du moins. Cependant on verra différentes couleurs, du blanc d'abord, du jaune, du rouge, du bleu & quelques unes de celles qui se font par le mélange des primitives, & enfin du noir : d'où l'on peut conclure que les vibrations de la retine très-promptes d'abord, deviennent peu à peu plus lentes. Car encore une fois ce n'est point la grandeur ou la force de ces vibrations, mais leur promptitude qui change l'espece des couleurs; puisque le rouge, par exemple, paroît rouge à une foible aussi bien qu'à une grande lumiere. On

pourroit donc peut-être juger par la suite de ces couleurs, si elle étoit bien constante, que les vibrations du jaune sont plus promptes que celles du rouge & celles du rouge que du bleu, & ainsi des autres couleurs qui se succedent. Mais il me paroît impossible de découvrir précisement par ce moyen, ni même par aucune autre les rapports exacts de promptitude de ces vibrations, comme on les a découverts dans les consonances de la musique. On ne peut sur cela que deviner & aller au vraisemblable.

Dans le systéme de l'émission ou du transport des corpuscules de la lumiere jusqu'à l'œil, on ne sçauroit faire consister les couleurs dans les vibrations de pression; c'est pourquoi M. de Mairan qui se déclare pour ce systéme les établit sur d'autres principes. Il a traité ce sujet dans la dissertation sur les phosphores & les noctiluques, & dans un Mémoire année 1738. On prendra dans ces deux sources les endroits qui y ont le plus de rapport & qui sont les plus propres à faire entendre son sentiment.

60. Il s'explique dans la dissertation ainsi qu'il suit. Depuis qu'on a commencé à raisonner des effets de la nature sur les idées que la Géometrie & la Mechanique nous fournissent, presque tous les Physiciens ont cru que les différentes couleurs qu'on remarque dans la lumiere, soit rompue, soit refléchie ne consistoient que dans les modifications qu'elle reçoit en se rompant à travers les corps qu'on appelle transparens, ou en se refléchissant sur la superficie de ceux qu'on nomme colorés. La lumiere étoit regardée comme indifférente à quelque couleur que ce soit, ou comme susceptible de toutes les couleurs; & les couleurs inhérentes des corps n'étoient autre chose que la disposition que leurs parties insensibles avoient à modifier la lumiere de telle ou de telle façon, en conséquence de leurs figures, de leurs grosseurs, de leurs arrangemens & de leurs mouvemens. Aujourd'hui ce n'est plus cela, on prouve par des expériences décisives.

61. Que la lumiere contient en elle-même toutes les couleurs, indépendamment des configurations interieures

ou exterieures des corps au travers desquels elle passe ou sur lesquels elle se refléchit ; c'est-à-dire qu'un rayon sensible du Soleil, par exemple, est composé de particules de différente espece, dont chacune a la propriété d'exciter dans l'ame, par le moyen de l'organe de la vûe, le sentiment de couleur particuliere de cette espece, sans qu'aucune refléxion ni qu'aucune refraction puisse jamais la changer ; que le blanc n'est pas proprement une couleur, mais un composé de toutes les couleurs ; & que le noir au contraire n'est que la negation de toutes les couleurs.

62. Que chaque couleur des corps ne consiste dans la figure & dans l'arrangement particulier des parties qui le composent, qu'en tant qu'ils sont par là plus propres à rompre & à absorber dans leurs pores la lumiere d'une certaine couleur, & à refléchir celle d'une autre couleur. Ainsi le carmin, par exemple, est fort rouge parce qu'il ne refléchit que la lumiere rouge, & que toutes les autres especes de lumiere se rompent & se perdent dans ses pores sans se refléchir. Enfin, que chaque espece de lumiere à sa refraction déterminée, c'est-à-dire, que chaque couleur en passant obliquement d'un milieu dans un autre, de l'air, par exemple, dans le cristal se rompt à sa rencontre par un angle particulier différent de celui des autres couleurs. C'est ce que M. Newton auteur de cette découverte appelle la différente refrangibilité des couleurs de la lumiere. C'est principalement par cette proprieté qu'il a reconnu toutes les autres ; & les ingenieuses expériences dont il s'est servi pour s'en assurer, pourroient toutes seules immortaliser un nom moins célébre que le sien.

63. Ces faits (qu'on a décrit précédemment dans les expériences sur la lumiere) étant posés, j'attribue la refrangibilité particuliere de chaque couleur, à la vitesse particuliere des globules lumineux qui produisent cette couleur ; & j'explique les différentes vitesses de ces globules lumineux par leurs différentes grosseurs. Les bornes entre lesquelles doivent être renfermées la vitesse & la gros-

ſeur des corpuſcules lumineux, pour être en état d'agir ſur l'organe de la vûe, n'empêchent point que cette viteſſe & cette groſſeur ne puiſſent varier infiniment entre les deux extrémités. Or la moindre varieté de la part de la matiere eſt capable de produire en nous des ſenſations très-différentes. On ſçait que toute la diverſité des tons ne conſiſte que dans le plus ou le moins de viteſſe des vibrations communiquées à l'air par les fremiſſemens du corps ſonore. Ainſi il n'y a rien que de très vraiſemblable, que les corpuſcules lumineux qui viennent frapper les fibres de l'organe de la vûe avec des viteſſes & des groſſeurs différentes y cauſent des ébranlemens rélatifs à de différentes ſenſations de couleurs.

64. Pour expliquer donc par ce moyen les différentes refrangibilités de la lumiere, je ſuppoſe qu'un corps qui paſſe obliquement d'un milieu dans un autre, ne ſe détourne de la ligne droite qu'à cauſe que le nouveau milieu où il ſe va mouvoir, lui reſiſte plus ou moins que celui qu'il quitte. Par exemple, une balle de mouſquet qui eſt tirée obliquement contre la ſurface de l'eau ne ſe détourne de la direction qu'elle avoit dans l'air, que parce qu'à la rencontre de l'eau, elle ne trouve plus la même facilité à ſuivre ſon chemin qu'auparavant. Or elle doit ſe détourner d'autant plus de la ligne qu'elle traçoit dans l'air, que l'obſtacle qui ſe préſente à ſon paſſage eſt plus grand. *Mais ſi la viteſſe du mobile augmente, l'obſtacle demeurant le même le détour changera, & ce ſera la même choſe que ſi l'obſtacle étoit moindre & que la viteſſe fût la même. L'obſtacle étant le même le mobile ſe détournera donc différemment eu égard à ſa viteſſe.* Donc ſi les globules de la lumiere ont des viteſſes différentes ils auront différens degrés de refrangibilité en changeant de milieu. Mais quelle peut être la cauſe de ces différentes viteſſes des corpuſcules de la lumiere? Pour moi je n'en vois pas de plus ſimple & de plus probable que leurs différentes groſſeurs. Pluſieurs balles pouſſées dans le même inſtant avec une même raquette, doivent aller d'une

différente vitesse, si étant de la même matiere, elles ont différentes grosseurs. Ainsi en supposant comme je fais, que les corpuscules de la lumiere sont de différente grosseur, sans que cette différence aille pourtant au-delà de certaines limites, on peut, ce me semble expliquer fort naturellement la différente refrangibilité des couleurs de la lumiere & toutes les autres proprietés qui s'en ensuivent.

65. Il paroît par cet exposé que M. de Mairan reconnoît avec M. Newton que les couleurs primitives ne consistent point dans certaines dispositions passageres, qu'elle acquiere ou qu'elle perde à la rencontre des surfaces qui la refléchissent ou qu'elle pénétre, mais que ces dispositions sont inhérentes & indestructibles. Il réduit donc la question sur les couleurs à sçavoir qu'elles sont ces dispositions dans la lumiere, & comment elles se manifestent. Or 1°. si les globules lumineux ont différentes vitesses ils ébranleront différemment les fibres de l'organe de la vision, & exciteront dans l'ame les sensations rélatives aux différentes especes de couleurs. 2°. Si les globules lumineux ont des vitesses différentes ils se refracteront inégalement, c'est-à-dire que ceux d'une même vitesse se sépareront des autres, & séparés de la sorte ils produiront le sentiment de la couleur qui leur est propre.

66. M. de Mairan descend dans un plus grand détail dans le Mémoire de 1738, il y rend même sa théorie générale, ensorte qu'on peut l'appliquer non-seulement au systéme de l'émission, mais encore au systéme des pressions & quelque fois plus heureusement & avec plus de facilité à ce dernier: il en déduit les principales proprietés que M. Newton a démontré par ses expériences inséparables de la lumiere, entr'autres que les couleurs primitives étant une fois séparées les unes des autres elles sont indestructibles; on peut bien les affoiblir en les faisant passer par différens milieux, parce qu'à chaque passage il se fait une dissipation de rayons, mais on ne peut point changer l'espece de couleur; ainsi par exemple, les rayons dont la vitesse assortit le rouge seront toujours rouges; car si on

leur fait pénétrer une même surface refringente sous différentes obliquités d'incidence, les vitesses avant & après la refraction seront dans un rapport constant, donc ils feront toujours des impressions semblables; s'ils traversent différens milieux, ils se rompront autrement que les rayons des autres couleurs, puisqu'ils ont une vitesse différente, donc ils ébranleront aussi l'organe autrement que ces autres rayons; & parce que leurs vitesses après & avant la refraction seront encore dans un rapport constant, les impressions qu'ils feront seront toujours essentiellement différentes des impressions que les autres rayons peuvent faire, l'espece de couleur sera donc encore la même. Comme la lumiere perd de sa vitesse en passant dans un milieu qui resiste d'avantage, il faut une cause qui lui redonne ce qu'elle en a perdu, en retournant dans le milieu, où elle se mouvoit avec plus de facilité : dans l'hypothese des pressions ce sera le corps lumineux qui reparera la perte puisqu'il est continuellement appliqué au même sujet; dans l'hypothése de l'émission, ce seront les vibrations du corps diaphane même, du milieu plus resistant excitées par le choc de la lumiere & le debandement de ses parties élastiques qui redonneront aux globules de la lumiere qui en sortent la vitesse qu'ils avoient perdu en y entrant en mettant ces parties en contraction.

67. Enfin si l'œil se trouvoit dans un milieu différent de l'air, par exemple dans l'eau, ou bien si une lumiere homogéne ou de la même vitesse, après avoir passé par divers milieux, n'avoit point, en parvenant à l'œil toute la vitesse dont elle a besoin pour exciter la même sensation, ou le même ébranlement sur la retine, elle l'auroit après qu'elle auroit traversé les trois humeurs, parce que les changemens qu'on peut lui faire subir par la refraction se rectifient nécessairement dans ces humeurs, ou les vitesses des mêmes rayons sont toujours les mêmes tant qu'elles ne changent point. Car si les humeurs de l'œil viennent à changer par accident ou par la vieillesse, le sentiment des couleurs change aussi, & la différence en est

ſenſible lorſque l'accident n'eſt arrivé qu'à l'un des deux yeux : ainſi chaque rayon à la ſortie de l'humeur vitrée & en tombant ſur la retine, a ſa viteſſe propre convenable à ſa couleur, donc un rayon de lumiere partant du Soleil avec une viteſſe donnée aura dans l'humeur vitrée une viteſſe donnée quelques milieux qu'il ait traverſé auparavant ; & voilà pourquoi la couleur de chaque rayon eſt immuable quoiqu'elle depende de ſa viteſſe qui eſt une modification changeante.

*La tranſparence des Corps.*

68. Un corps opaque eſt celui qui refléchit la lumiere ou qui l'amortit & à travers lequel on ne ſçauroit voir le jour. Un corps tranſparent eſt celui qui donne paſſage à la lumiere ou au travers duquel on voit le jour.

M. Bouguer de l'Academie Royale des Sçiences s'explique ſur la tranſperence ainſi qu'il ſuit. On croit ordinairement que la tranſparence des corps diaphanes ne vient que de ce qu'ils ont des pores qui les traverſent en ligne droite dans tous les ſens, & de ce que ces pores ſont remplis d'éther ou de la partie la plus ſubtile de l'air, laquelle eſt propre à tranſmettre la lumiere. De cette ſorte ſi l'air que nous reſpirons eſt ſi tranſparent, ce n'eſt que parce qu'il ne contient que fort peu des parties groſſieres : mais comme l'eau & le verre en contiennent beaucoup d'avantage, & qu'ils ont par conſéquent moins de pores ils ne doivent pas donner un ſi libre paſſage à la lumiere. On fait conſiſter ainſi le plus ou le moins de tranſparence dans la plus grande ou dans la moindre quantité de pores ; & on croit que tous les rayons qui rencontrent quelques parties ſolides s'éteignent ou s'amortiſſent, parce que ces parties doivent tranſmettre irregulierement leur preſſion à toutes les autres parties ſur leſquelles elles s'appuyent.

69. Mais quoique ce ſentiment ſoit reçû de la plûpart des Phyſiciens, il nous ſemble qu'il faut que les parties

solides transmettent elles-mêmes la lumiere dans plusieurs rencontres. En effet quelque multitude de pores qu'on imagine dans les corps, on a bien de la peine à concevoir qu'il s'en trouve dans tous les sens possibles, & on ne sçait même si l'air pourroit être transparent. Il est vrai que les parties de ce milieu sont très-rares, qu'elles ne font qu'une très-petite portion du volume qu'elles nous paroissent occuper, & que tout le reste est de l'éther ou de l'air subtil. Mais il ne paroît toujours gueres possible qu'il ne se rencontre pas quelque partie grossiere sur un rayon d'une longueur un peu considérable. Lorsque le Soleil paroît dans l'horison, ses rayons font un très-grand chemin dans la partie basse de l'atmosphere; ils rampent, pour ainsi dire, sur la terre plus de neuf ou dix lieues, avant de parvenir jusqu'à nous : lorsqu'on voit aussi de 40 ou 50 lieues de distance le sommet de quelque montagne fort élevée, la lumiere parcourt tout cet espace dans un air très-condensé. Or est-il vraisemblable, que sur une ligne d'une si extréme longueur, il n'y ait pas toujours quelques parties grossieres d'air, puisque ces parties sont tellement distribuées ici bas, qu'il y en a toujurs plusieurs non-seulement dans un espace d'un pouce ou d'une ligne, mais aussi dans le plus petit espace sensible. Mais sans insister sur cette difficulté, nous pouvons prouver d'une maniere directe, en supposant le sentiment du P. Mallebranche sur la dureté des corps, que les parties grossieres doivent transmettre la pression des rayons de lumiere qui les rencontrent. Imaginons-nous que toutes les lignes paralleles AB, CD &c. (*Fig.* 118.) sont des rayons & qu'il y en ait quelqu'un qui choque les grains de matiere *ab ef* &c. dont le corps PQRS est formé. Si le petit grain de matiere étoit solide par lui-même, ou si toutes les petites par-dont il est lui-même composé, étoient attachées les unes aux autres, il avanceroit tout entier selon la direction du rayon de lumiere A*a* qui le choque en *a*; il communiqueroit irrégulierement son mouvement aux grains de matiere qui le toucheroient, & le rayon seroit amorti. Mais on

doit considérer que les grains de matiere ne peuvent pas être ainsi durs par eux-mêmes ; car d'où viendroit la force qui uniroit leurs plus petites parties? Chaque grain de matiere est contenu sous une surface constante, tant qu'il est comprimé par tout également par l'air subtil. Mais lorsqu'un grain de matiere est pressé tout à coup en *a* par un rayon de lumiere A*a*, il ne doit plus conserver exactement sa même figure puisqu'il n'est plus également comprimé par tout ; la matiere dont il est formé doit avancer vers le point opposé *b*, & y former une petite éminence. Il est clair aussi que si le rayon A*a* agit par secousses, & par des secousses plus ou moins promptes, comme on croit que le font les rayons de différentes couleurs, la petite éminence faite en *b* augmentera ou diminera aussi avec les mêmes secousses, & transmettra à l'air subtil ou à l'éther qui est au-dessous, tous les divers degrés de pression qui se font en *a*.

70. Le rayon A*a* ayant traversé ainsi le grain de matiere 1, traversera de la même maniere le grain de matiere 2 & continuera ensuite son chemin en ligne droite en suivant la ligne *d*B. La même chose arrivera aussi au rayon C*c* qui passe entre les parties 1 & 5 pour entrer dans le corps PR. Ainsi on voit qu'une petite partie de matiere placée à propos, n'interrompt point le cours de la lumiere : & sans doute que c'est de cette sorte que nous voyons les objets fort éloignés malgré la grande épaisseur d'air grossier que la lumiere qu'ils font rejaillir vers nous a à traverser. Il n'est pas possible, comme nous l'avons dit, que sur un rayon de 30 ou 40 lieues, il n'y ait pas toujours quelques parties d'air grossier ; mais si ces parties tournent une de leurs petites faces vers l'objet & l'autre vers nous, la pression du rayon sera transmise de notre côté, & nous pourrons par conséquent voir l'objet.

71. Nous disons que pour que le rayon suive la ligne droite, il faut que les petites faces *a* & *b* qu'il rencontre lui soient directement exposées : car ce sont deux loix qui s'observent toujours, qu'un corps qui va choquer obli-

quement une surface n'agit dessus que selon le sens perpendiculaire suivant lequel il s'en approche, & qu'une surface qui avance vers un corps & qui le choque, ne le pousse ainsi que selon la seule ligne perpendiculaire. Ainsi le rayon L*n* doit se détourner & prendre le chemin *nopq*M, à cause de l'obliquité de toutes les petites faces qu'il rencontre : & il est clair que ce rayon détourné & séparé, pour ainsi dire de la compagnie des autres, ne pourra pas agir seul avec assez de force pour se faire sentir, ou qu'il ne servira tout au plus qu'à repandre cette lumiere foible, qui accompagne pour l'ordinaire la lumiere principale, & qui ne paroît pas venir directement du corps lumineux. Cependant il peut arriver qu'un rayon détourné de la ligne droite rencontre quelque autre partie grossiere qui le redresse en le détournant une seconde fois. J'ai représenté ce double détour des rayons en courbant différemment la ligne E*ghiklm*F. Le premier détour se fait en *h*, parce que la petite éminence qui se fait en *h* par la pression du rayon de lumiere en *g* ne peut pousser l'air subtil ou l'éther qui est entre les deux parties *5* & *6* que perpendiculairement à la petite face *h*. Mais ce même rayon se détournant derechef à toutes les petites faces qu'il rencontre & qui ne lui sont pas directement exposées, reprend comme on le voit sa premiere direction, & agissant ensuite dans le même sens que les autres, il doit contribuer à augmenter la lumiere. Au surplus les petites parties qui ne servent qu'à détourner les rayons lorsqu'ils viennent d'un certain côté, peuvent servir à les transmettre en ligne droite lorsqu'ils viennent d'un autre côté.

72. Mais on nous demandera peut-être maintenant, comment il est possible que tous les corps ne soient pas diaphanes & qu'il y en ait un si grand nombre d'opaques. Pour répondre à cette question, nous n'avons qu'à faire remarquer que la force de la lumiere diminue beaucoup à chaque détour, & qu'elle peut diminuer assez pour cesser d'être sensible. Supposons, par exemple, que le rayon N*s* forme avec la petite face *s* du grain de matiere 8, un an-

gle demi droit; au lieu d'agir avec toute ſa force, il n'agira, comme le ſçavent les lecteurs, qu'avec une force rélative qui ſera à la force abſolue, comme le côté d'un triangle rectangle eſt à ſa diagonale ou comme 1 eſt à la racine quarrée de 2; voilà déja un affoibliſſement, mais la ligne *s t* ſuivant laquelle ſe tranſmet la preſſion audedans de la petite partie 8, faiſant avec la petite face *t* un angle encore demi droit, le rayon ſouffrira en *t* un ſecond affoibliſſement ſemblable au premier; & la preſſion ſe trouvera juſtement reduite à la moitié par ces deux diminutions. Cependant le rayon n'a encore traverſé qu'un petit grain de matiere; & il n'y a point de doute qu'il n'en rencontre ſouvent pluſieurs tout de ſuite dans les corps tranſparens qui ont une épaiſſeur ſenſible. La même choſe arrivera peut-être auſſi au rayon L*onpq*M qui quitte la compagnie des autres & qui vient ſortir par le côté. Après cela il n'eſt pas ſurprenant ſi nous avons des corps qui paroiſſent abſorber ou amortir entierement la lumiere; & il eſt clair qu'il doit y avoir une varieté comme infinie dans la tranſparence ſelon que les parties, comme *s t* ſont différemment mêlées avec les parties *a b* & *c d*.

73. Si enſuite dans la même épaiſſeur il ſe trouve plus de grains de matiere, & plus de ſurfaces obliques, outre que pluſieurs rayons perdront beaucoup plus de leur force en traverſant cette épaiſſeur, il y en aura un plus grand nombre qui ſeront détournés, & la lumiere qui traverſera le corps ſera ſi foible qu'elle ne ſera plus capable de produire une impreſſion ſenſible ſur nos yeux.

### *Les Phoſphores & les Noctiluques.*

64. Il eſt aiſé de juger que M. de Mairan, dans ſa diſſertation ſur les phoſphores & les noctiluques deſcend dans un détail qui paſſe les bornes de cet écrit; ainſi on ne fera qu'éfleurer la matiere, ſeulement pour en donner une idée, & afin d'avoir occaſion d'y appliquer comme aux couleurs ſon hypothéſe ſur la lumiere.

Je prends ici les deux termes de phosphores & de noctiluques pour synonimes, quoique le dernier ait été donné, ce me semble, aux vers luisans & aux feux aëriens, plutôt qu'à aucune autre espece de phosphore. On entend par phosphore un corps ou une matiere qui brûle, ou qui devient lumineuse sans qu'elle ait besoin d'approcher d'aucun feu sensible.

75. Il y a des phosphores naturels, & des phosphores artificiels.

Les phosphores naturels sont ceux qui sans l'aide de l'art, & en de certains tems, deviennent lumineux sans brûler; car ils ont cela de particulier qu'ils ne luisent pas toujours & qu'ils n'ont aucune chaleur sensible. Tels sont les vers luisans, certaines mouches, certaines chenilles, & quelques autres insectes dans les pays fort chauds... Certains bois pourris, les yeux, les poils, les arêtes, les écailles, la chair & les plumes de plusieurs animaux sont lumineuses en de certains tems, & dans de certaines circonstances. La langue de la Vipere paroît toute en feu lorsque cet animal est irrité & qu'il la pousse dehors avec une extréme vitesse.

76. Il y a de matieres qui ne sont lumineuses que dans le moment qu'elles sont frottées ou agitées. Le diamant frotté contre l'or donne une lumiere qui n'est pas moins vive que celle d'un charbon fortement excitée par le souffle; l'or, l'argent, le cuivre frottés contre le cuivre en donnent, mais beaucoup moins.... Il y a des noctiluques, qui consistent en des exhalaisons sulfureuses qui s'élevent & qui s'enflamment dans l'air... Il me semble que les phénomenes qui ont paru cette année (1717) ont plus de rapport à la lumiere qu'on découvrit, il y a plus de 30 ans autour du corps du Soleil, qu'à des simples exhalaisons. (M. de Mairan a parlé plus au long de cette lumiere dans son traité de l'aurore boréale; la lumiere que l'on appelle zodiacale n'en est qu'une extension, & la lumiere zodiacale, selon M. de Mairan est la cause de cette lumiere qui a coutume de paroître après le coucher du Soleil du côté du Nord, & que l'on appelle pour cette raison

aurore

aurore boreale; comme ce dernier phénomene eſt accompagné d'un grand nombre de circonſtances remarquables & même frappantes, M. de Mairan la traité dans l'ouvrage qu'on vient de citer, avec toute l'étendue que l'on peut deſirer; c'eſt auſſi celui auquel on s'arrêtera le plus.)

77. Les phoſphores artificiels ſont des matieres qui deviennent lumineuſes par le moyen de quelques preparations chimiques. Il y en a de brulans & lumineux tout enſemble, & d'autres qui ne ſont que lumineux.

78. La cauſe immédiate de la lumiere des phoſphores & des noctiluques, n'eſt autre choſe que ce qui met leurs ſoulfres en mouvement. Le ſoulfre eſt déja le principe actif, & la ſource du mouvement interieur des mixtes; mais la peſanteur & la groſſiereté des autres principes qui compoſent les mixtes, la tenacité & la coheſion que ces principes ont entr'eux, émouſſent ſon activité plus ou moins, ſelon qu'ils s'y trouvent différemment combinés. Il y a de matieres où il ſuffit qu'aucun agent exterieur ne faſſe obſtacle à l'agitation naturelle du ſoulfre & à celle qu'il communique aux autres principes pour qu'il ſe degage peu à peu.... De ce nombre ſont la chair de pluſieurs animaux, la pellicule qui couvre l'écaille de certains poiſſons teſtacées, les exhalaiſons qui s'élevent dans l'air &c. & toutes ces matieres ſe changent d'autant plus vîte en phoſphores que leurs principes ſont moins fortement liés entr'eux. Dans certains animaux, la circulation du ſuc nourricier, l'agitation des eſprits & la tranſpiration produiſent un effet ſemblable à celui de la fermentation, ſur une partie du ſoulfre qu'ils contiennent, & ſont cauſe qu'il ſe ramaſſe dans des veſicules ou qu'il ſe filtre dans des glandes dont la contexture a toutes les qualités néceſſaires pour l'épurer, d'où il s'échappe enſuite en partie par la grande abondance qu'il y en a & par l'extréme agitation qu'il y conſerve. Il y a apparence que les vers luiſans & tous les animaux qui donnent quelque lumiere étant en vie ne ſont devenus lumineux que par ce moyen. Il y a de phoſpho-

res où la matiere de la lumiere se trouve toujours toute preparée ; mais elle y est si foible & si rare, qu'elle ne sçauroit devenir sensible, si l'on écarte soigneusement d'autour d'elle tout ce qui pourroit en interrompre le mouvement & la propagation. Telle est la lumiere que donne quelque fois le barométre fortement secoué dans l'obscurité.... Pour avoir un semblable phosphore, il faut que le mercure soit purgé de plomb, de l'air, & de toutes les impuretés qu'il contient.... Ce n'est pas seulement l'air grossier qui fait obstacle à la propagation de la lumiere du mercure ; un autre air plus subtil qui tient une espece de milieu entre l'air proprement dit & la matiere étherée, & qui entre & sort par les pores du verre peut encore interrompre ou émousser le mouvement des corpuscules lumineux.

79. Enfin il y a de matieres où les soulfres ont besoin d'être excités par le frottement, comme dans le diamant & dans les métaux ; ou d'être excités, dégagés & augmentés par le feu & la calcination, comme dans la plûpart des phosphores artificiels.

80. Il faut observer que le degré de mouvement qui met les soulfres en état de repandre la lumiere est renfermé dans de certaines limites, hors desquelles ils n'ont plus cette proprieté ; & que le mouvement qui passeroit au-delà, n'y seroit pas moins contraire que celui qui demeureroit au-dessous. Une agitation trop violente dissiperoit trop promptement les soulfres, ou les reduiroit en des corpuscules si petits, que leur choc ne seroit pas sensible sur l'organe de la vûe.

81. Pour comprendre comment les corpuscules qui s'échappent du soulfre, sont d'autant plus petits, que l'agitation est plus grande, il faut sçavoir que dans une matiere dont toutes les parties sont violemment agitées & portées çà & là selon toute sorte de directions, il n'est pas possible qu'elles ne se choquent continuellement, & ne se causent un obstacle mutuel à leurs divers changemens. C'est pourquoi plusieurs petits amas de cette matiere, pour rem-

plir toute leur activité se doivent recourber sur eux-mêmes, tourner autour d'un centre & former une infinité de globules. Or ces globules doivent être d'autant plus petits que l'agitation est plus grande; car tel amas de matiere qui ne peut remplir toute son actitivité en tournant autour d'un seul centre, ou en formant un seul globule, se subdivise en plusieurs autres plus petits, & ainsi de suite à l'infini, jusqu'à ce que toute la portion de matiere soit en état de remplir sa vitesse & sa quantité de mouvement.

82. De toutes ces observations sur la matiere de la lumiere, sur son activité, sur la grosseur & sur la figure des corpuscules qui la composent, je conclus que la lumiere des phosphores & des noctiluques est produite par un mouvement de leurs soulfres, assez grand pour degager ces soulfres des matieres éthérogenes qui les embarassent & pour les faire élancer à la ronde, mais renfermé néanmoins dans de telles bornes qu'il ne les dissipe pas trop promptement,& qu'il ne les réduise qu'en des globules d'une grosseur suffisante pour agir sensiblement sur l'organe. Les causes les plus ordinaires de ce mouvement, sont comme nous l'avons vû, la fermentation, l'agitation exterieure, le frottement & le feu.

## *L'Aurore Boréale.*

83. L'Aurore boréale selon la définition qu'en donne M. de Mairan, Traité de l'Aurore boréale, est un phénomene lumineux, ainsi nommé, parce qu'il a coutume de paroître du côté du Nord, ou de la partie boréale du Ciel, & que sa lumiere, lorsqu'elle est proche de l'horison, ressemble à celle du point du jour ou à l'aurore. Elle est décrite plus particulierement avec toutes ses circonstances dans le troisiéme chapitre de la section troisiéme. L'Aurore boréale, comme nous venons de voir, est presque toujours placée du côté du Nord; mais rarement y est-elle de façon que son milieu reponde exactement au-

deſſous du pole, plus rarement encore ce milieu ſe trouve-t-il du côté de l'Orient, & le phénomene, à en prendre toute la maſſe, décline pour l'ordinaire de 10 à 12, & quelque fois de 15 à 20 degrés vers le couchant, ſur tout lorſqu'il commence de ſe montrer.

84. Le commencement du phénomene arrive communement deux, trois ou quatre heures tout au plus après le coucher du Soleil, c'eſt-à-dire, qu'il arrive preſque toujours le ſoir, & jamais que je ſçache le matin après minuit, lorſque les nuits ſont un peu longues. Les grandes Aurores boréales commencent ordinairement de bonne heure, peu de tems après la fin du crepuſcule, & quelque fois auparavant. D'abord c'eſt une eſpece de brouillard aſſez obſcur, que l'on apperçoit vers le Sseptentrion, avec un peu plus de clarté vers l'Oueſt que dans le reſte du Ciel, c'eſt-à dire, plus qu'il ne convient qu'il y en ait, par rapport à l'heure du crepuſcule, s'il eſt encore ſur l'horiſon...

85. Le brouillard ſeptentrional ſe range communement ſous la forme à peu près d'un ſegment de cercle étendu ſur l'horiſon, ou dont l'horiſon fait la corde. La partie viſible de ſa circonférence ſe trouve bientôt bordée d'une lumiere blancheâtre, d'où réſulte un arc lumineux, ou pluſieurs arcs concentriques, lorſque le premier eſt bordé lui-même d'une partie de cette matiere obſcure de l'interieur du ſegment, & que celle-ci l'eſt à ſon tour d'une matiere lumineuſe; & ainſi de ſuite juſqu'à deux ou trois.

86. Après cela viennent les jets & les rayons de lumiere diverſement colorés, qui partent de l'arc, ou plûtôt du ſegment obſcur & fumeux, où il ſe fait preſque toujours quelque breche éclairée, de laquelle ces rayons paroiſſent ſortir.

87. On apperçoit alors quand le phénomene augmente, & qu'il doit ſe répandre au loin, un mouvement général, & une eſpece de trouble dans toute ſa maſſe, tant à cauſe des breches fréquentes qui ſe forment & qui ſe détruiſent ſucceſſivement dans le ſegment obſcur & dans l'arc, que par les vibrations de la lumiere & des éclairs qui viennent

frapper de-là par ſecouſſes toutes les parties & tous les floccons de la même matiere enflammée, ou non enflammée, qui ſe trouvent dans l'hémiſphere viſible du Ciel.

88. Ce n'eſt jamais qu'après cet incendie, & par une grande extenſion de la matiere boréale, qu'on a vû la Couronne au Zénit, ce point de réunion où tous les mouvemens d'alentour paroiſſent concourir, & qui fait comme la clef de la voute, la lanterne d'une coupole, ou comme quelques uns l'ont exprimée, le ſommet d'un pavillon ou d'une tente.

89. C'eſt là le moment de la plus grande magnificence du phénomene, tant par la variété des objets, que par la beauté des couleurs dont quelques uns d'entr'eux ſe trouvent peints.

90. Il n'a plus après cela pour l'ordinaire qu'à diminuer, qu'à ſe calmer & à s'éteindre, non ſans reſſource à la vérité, & ſans de repriſes qui renouvellent quelque fois à peu près tout ce qu'on avoit vû auparavant; les jets de lumiere, les éclairs, la couronne & les couleurs plus ou moins vives, tantôt d'un côté du Ciel. & tantôt de l'autre; mais enfin le mouvement ceſſe, la lumiere ſe rapproche de plus en plus de l'horiſon, elle quitte les parties méridionales du Ciel, celles de l'Orient & celles de l'Occident, pour paſſer & s'arrêter du côté du Nord, qui en demeure ſeulchargé; le ſegment obſcur ſe diſſipe, il devient lumineux; c'eſt d'abord une clarté aſſez denſe près de l'horiſon, plus rare à quelques degrés au-deſſus, & qui ſe perd inſenſiblement dans le Ciel; qui diminue quelque fois avec rapidité & quelque fois avec lenteur, & qu'on voit enfin s'éteindre totalement, ſi elle ne ſe joint au crepuſcule du matin. Car c'eſt ainſi que finiſſent la plûpart des grandes aurores boréales, & il reſte du moins preſque toujours après elles une impreſſion de clarté ſur l'horiſon du côté du Nord, qui n'eſt effacée que par les approches du jour.

91. M. de Mairan fait mention de trois opinions touchant les cauſes phyſiques de l'Aurore boréale. La premie-

re qui eſt l'opinion commune attribue ce phénomene aux vapeurs & aux exhalaiſons de la terre. Dans la ſeconde on ſuppoſe que les glaces & les neiges de la Zone polaire refléchiſſent les rayons du Soleil & ſa lumiere vers la ſurface concave des couches ſuperieures de l'atmoſphere, d'où elle eſt enſuite renvoyée vers nous, & qu'elles produiſent par là les apparences de l'Aurore boréale. La troiſiéme opinion rapporte la cauſe & la formation de l'Aurore boréale à la matiere magnetique qui ſort du pole de la terre, ou qui circule autour de lui, en tant qu'elle nous refléchit la lumiere étant portée à la hauteur où ſe forme le phénomene, ou bien parce qu'elle pouſſe vers le pole des matieres terreſtres & ſulphureuſes.

92. M. Muſchembroek qui ſuit la premiere de ces opinions, croit que la matiere de l'Aurore boréale tire ſon origine de quelque region ſeptentrionale de la terre, d'où elle s'éleve & s'évapore dans l'air.... où elle forme une ou pluſieurs nuées qui ſe diſperſent & vont ſe rendre en différens pays; ces nuées ne ſe mettent en feu que lorſqu'elles rencontrent quelqu'autre matiere avec laquelle elles commencent à fermenter, à s'échauffer, à s'allumer.... Si donc il vient à ſouffler quelque vent du Nord dans la region ſuperieure de l'atmoſphere, & que la nuée qui eſt compoſée de la matiere lumineuſe ſoit emportée par ce vent qui la faſſe paſſer du Nord qui eſt le lieu de ſon origine vers quelqu'autre region, & qu'elle rencontre en ſon chemin quelques autres exhalaiſons diſperſées dans l'air, avec leſquelles elle puiſſe fermenter, alors cette partie de la nuée qui rencontrera les exhalaiſons prendra d'abord feu & s'allumera. Si l'on ſuppoſe que cette partie de la nuée qui prend feu ſoit méridionale, & que le ſpectateur ſe trouve placé plus au midi que la nuée, il pourra alors la voir brûler, & elle ſera même au Nord à ſon égard; de ſorte que cette lumiere ſera dans ce cas à ſon égard une Aurore boréale. Mais la nuée & les autres exhalaiſons de l'air ne peuvent prendre feu avant qu'elles ſoient un peu mêlées enſemble. Or comme la nuée qui vient du Nord,

& qui forme une étendue considérable rencontre plus de résistance du côté du Septentrion, qui est le seul endroit où se fait le mélange, la matiere qui s'est allumée devra être poussée du Nord au Sud, & elle pourra recevoir différentes directions en se portant tantôt perpendiculairement en enhaut, tantôt en ligne parallele à l'horison, tantôt en enbas, de sorte que les colomnes lumineuses qui en sortiront pourront suivre toutes ces directions.

93. Comme il se trouve une grande différence dans les exhalaisons qui montent de la terre dans l'air, elles doivent produire diverses sortes de couleurs lorsqu'elles viennent à se mêler avec la nuée lumineuse, de sorte que les colomnes qui en partent, paroîtront tantôt blanches, tantôt couleur de rose &c. Ces nuées lumineuses ne sont pas peut-être toutes de même nature; de sorte qu'il y aura aussi différentes sortes de lumieres septentrionales; quelques unes de ces lumieres ne darderont point de colomnes, les autres seront plus ardentes & il en sortira de colomnes; si ce n'est que cela dépendît des diverses exhalaisons qui se rencontrent dans l'air & qui produiront alors des effervescences plus ou moins violentes.

94. Lorsque ce vent qui souffle au-dessous de la nuée lumineuse en emporte une partie, on voit cette partie rouler dans l'air en maniere d'ondes qui répandent de la lumiere lorsqu'elles descendent, mais qui n'en donnent point lorsqu'elles montent; c'est de-là qu'est produit ce plaisant phénomene que l'on voit briller dans l'air, & auquel on donne le nom de *Chevre dansante*, car on ne le voit paroître que lorsqu'il vente fort & il se manifeste toujours avec le vent.

Comme les colomnes qui sortent de la nuée lumineuse ne sont que des parties qui se détachent, il s'en forme, lorsqu'elles sortent en assez grand nombre, de petits nuages qui flottent vers le Sud, & qui peuvent encore s'allumer dans la suite, parce que toutes leurs parties ne fermentent point en même tems, de sorte que si en continuant leur route elles rencontrent des nouvelles exhalaisons, il

se fera une nouvelle fermentation à l'aide des parties qui n'avoient point été allumées, & voilà comment ce même phénomene peut paroître diverses fois en d'autres endroits, & même sans que ces nuages changent de place dans l'air, pourvû seulement qu'ils reçoivent des nouvelles exhalaisons. Je crois avoir vû tout cela fort distinctement sur notre Observatoire d'Utrecht où j'étois accompagné de plusieurs autres spectateurs qui ont aussi été témoins de ce qui se passoit alors, ce qui ne m'a pas peu confirmé dans mon sentiment.

95. Comme les nuées qui forment l'Aurore boreale se manifestent au Nord à notre égard, elles peuvent être poussées par un vent dans notre atmosphere vers l'Est, le Sud, ou l'Ouest où nous pourrons les voir, de sorte que nous devons alors leur donner les noms d'Aurores orientale, occidentale & méridionale. Je crois avoir apperçû deux de ces lumieres méridionales en 1738.

96. M. de Mairan fait plusieurs difficultés contre chacune des trois hypothéses dont on vient de parler ; parmi ces difficultés il y en a de générales qui sont communes aux trois hypothéses, & il y en a de particulieres. On proposera d'abord celles qui attaquent l'opinion qui donne les exhalaisons terrestres pour la matiere de l'Aurore boréale ; suivront celles qui regardent l'hypothése des glaces viendront enfin celles qui combattent le sentiment que la matiere magnetique fait paroître le phénomene en question.

97. 1°. Les exhalaisons & les vapeurs dont se forment les phénomenes aériens qui donnent de la lumiere, comme le tonnerre, les feux, folets, l'iris, les parhélies, les couronnes, l'arc-en-ciel &c. ne montent gueres qu'à une ou à deux lieues au-dessus de la terre & ne passent point la region des nuées ; mais l'Aurore boréale est incomparablement plus haute ; les observations lui donnent depuis 200 jusqu'à 300 lieues de hauteur. Si pour prouver que les exhalaisons peuvent devenir la matiere de l'Aurore boréale, on allegue qu'on a vû des feux volans qu'on a

jugés à 13 ou à 14 lieues au-dessus de la terre. On répond 1°. que cette hauteur n'est point assez constatée. 2°. Quand même elle seroit certaine, il faudroit que la matiere de l'Aurore boréale pour s'élever si prodigieusement au-dessus de ces feux, fût infiniment plus rare & plus legere que la leur. 3°. Si les méteores dont il s'agit sont aussi élevés qu'on les fait, il n'est pas impossible qu'ils tiennent à quelque cause fort approchante de celle de l'Aurore boréale, mais différente des exhalaisons sulphureuses qui s'élevent de la terre. C'est le sentiment d'un sçavant Astronome Anglois (M. Halley) qui après avoir calculé avec soin la hauteur, la vitesse & la grandeur des feux volans, & trouvé qu'ils pouvoient être en effet 13 à 14 lieues au-dessus de la terre, n'a pû se resoudre à les mettre au nombre des méteores ordinaires.

98. 2°. Il y a trop de variation dans l'Aurore boréale & trop d'uniformité ou trop peu de variation dans les méteores, pour que tous ces phénomenes partent d'un même principe; ce n'est toujours que plus ou moins de pluye ou de secheresse, plus ou moins de tonnerres & d'éclairs, d'arc-en-ciels & de parhélies : mais des siécles entiers se passent où à peine voit-on trois ou quatre fois l'Aurore boréale, & après cela il y a un tems où elles paroissent 20 & 30 fois dans une seule année, & même 10 à 11 fois dans l'espace de 13 jours.

99. 3°. Si les vapeurs & les exhalaisons terrestres sont la matiere de l'Aurore boréale, par quelle tendence particuliere se jetteroient-elles toujours vers le Nord comme à leur foyer ou pourquoi en partiroient-elles comme de leur source? Pourquoi ne voit-on l'arc lumineux & le segment obscur que sous le Pole? De tels amas fortuits ne devroient-ils pas se dissiper au gré des vents, tantôt d'un côté & tantôt de l'autre? Ce n'est pas assurement que les terres de la Zone polaire renferment plus de matieres grasses inflammables & bitumineuses que celles qui sont dans notre Zone temperée & dans la Zone torride : les tonnerres, les tremblemens de terre, les éruptions des volcans, les lacs

de bitume & d'asphalte, & tous les feux aëriens qui en sont des suites & qui sont infinimens plus fréquens dans celle-ci que dans la Zone glaciale nous doivent persuader tout le contraire.

100. 4°. Tous ces méteores, le tonnerre, les éclairs, les feux folets, les étoiles coulantes, & en général tous les effets qui proviennent des exhalaisons terrestres, sulphureuses & inflammables sont plus fréquens en Été qu'en Hyver. Ce qui est encore tout le contraire des Aurores boréales.

101. L'hypothése des glaces ne renferme pas de moindres difficultés. 1°. La lumiere refléchie par les glaces vers les couches superieures de l'air, ne sçauroit nous être renvoyée de plus haut que la lumiere du crepuscule, laquelle ne nous vient que de 15 ou 20 lieues au-dessus de la terre. 2°. L'Aurore boréale deviendroit un vrai crepuscule & par là un phénomene ordinaire du soir & du matin; la hauteur de l'arc lumineux devroit croître & décroître regulierement dans les quatre saisons de l'année avec la déclinaison du Soleil; il devroit être fort haut en Été à cause de l'incidence des rayons, pour lors moins oblique, & par une raison contraire fort bas en Hiver. 3°. Il ne devroit point y avoir d'Aurores boréales en Été; il y en a cependant quoiqu'elles soient plus rares en cette saison qu'en Hiver. 4°. Comme les rayons rompus & refléchis seroient toujours & plus forts & en plus grande quantité vers les couches les plus basses de l'atmosphere que vers les plus hautes, la partie la moins élevée de l'Aurore boréale & la plus proche de l'horison seroit toujours celle qui nous devroit paroître de beaucoup la plus lumineuse étant vûe de la Zone temperée; mais c'est justement au contraire dans la plûpart des Aurores boréales, l'endroit le moins éclairé est celui-là même qui est occupé par le segment obscur. 5°. Tous les phénomenes particuliers qui accompagnent l'Aurore boréale, ces floccons de matiere répandus dans tout le Ciel jusqu'au Zenit, ces jets de lumiere, ces arcs & ces chevrons colorés vûs quelque fois

du côté du midi, ces éclairs, ces vibrations de lumiere & mille marques viſibles d'embraſement ſont autant de circonſtances incompatibles avec l'hypothéſe qui attribue l'Aurore boréale aux glaces & aux neiges de la Zone polaire en ce qu'elles peuvent refléchir la lumiere vers les couches de l'atmoſphere terreſtre.

102. La matiere magnetique qui ſort du pole de la terre ne peut point non plus ſervir à l'Aurore boréale & en faire le principal ſujet. Car comment la matiere magnetique juſqu'ici inviſible, & plus ſubtile peut-être que la lumiere même, plus capable du moins de paſſer librement à travers les ſubſtances les plus ſerrées, telles que l'or, devient viſible & nous refléchit la lumiere, étant portée à deux ou à trois cent lieues? Si on dit que la matiere magnetique ne produit cet effet que par le ſecours des matieres terreſtres & ſulphureuſes qu'elle pouſſe vers le pole, on demandera comment les exhalaiſons & les vapeurs perdent par cette impulſion leur poids ordinaire, & montent au centuple de la hauteur où elles ont coutume de s'arrêter dans l'atmoſphere.

### *Explication ſommaire de l'Aurore boréale dans le ſentiment de M. de Mairan.*

103. Le phénomene de l'Aurore boréale ſe paſſe dans l'air & cependant la terre n'en fournit point les matieres. M. de Mairan eſt dans le ſentiment que la lumiere zodiacale en eſt la véritable cauſe. Sur quoi on remarquera que la hauteur de deux ou de trois cens lieues ou ce phénomene ſe manifeſte n'excede point les limites de l'atmoſphere terreſtre. Il eſt vrai qu'on ne lui donne ordinairement que 20 lieues de hauteur, mais on la déduit de la durée du crepuſcule ou du barometre : or ces deux moyens nous font ſeulement connoître la diſtance des dernieres couches qui ſont encore aſſez denſes pour nous refléchir la lumiere, mais ils ne ſçauroient nous rien apprendre de l'air ou de tel autre fluide qui eſt au-delà, qui ne nous re-

fléchit plus une ſemblable lumiere, quoique d'ailleurs capable de produire une infinité d'autres effets ſenſibles. Rien ne ſçauroit aſſigner des bornes à la hauteur de l'air conſideré comme un fluide quelconque qui enveloppe la terre & qui participe à ſon mouvement. Cela poſé, entrons en matiere.

104. La lumiere zodiacle eſt une clarté ou une blancheur ſouvent aſſez ſemblable à celle de la voye lactée que l'on apperçoit dans le Ciel, en certains tems de l'année après le coucher du Soleil, ou avant ſon lever, en forme de lance ou de pyramide le long du zodiaque où elle eſt toujours renfermée par ſa pointe, & par ſon axe, appuyée obliquement ſur l'horiſon par ſa baſe, découverte, décrite & ainſi nommée par feu M. Caſſini.

105, La lumiere zodiacale n'eſt autre choſe que l'atmoſphere ſolaire, qu'un fluide ou une matiere rare & tenue lumineuſe par elle-même ou ſeulement éclairée par les rayons du Soleil, laquelle environne le globe de cet aſtre, mais qui eſt en plus grande abondance & plus étendue autour de ſon équateur que par tout ailleurs. ( L'atmoſphere ſolaire paroît ſous la forme de lance ou de pyramide, parce qu'étant applatie comme une lentille, on la voit par le côté tranchant, coupée par l'horiſon en deux parties dont l'une eſt au-deſſus & l'autre au-deſſous. )

106. La lumiere zodiacale eſt plus ou moins viſible ſelon que les circonſtances néceſſaires pour ſon apparition ſont plus ou moins favorables; quand ces circonſtances manquent juſqu'à un certain point elle ne paroît point du tout. L'atmoſphere ſolaire ne s'eſt donc point toujours manifeſtée par la lumiere zodiacale, mais elle a toujours été apperçûe autour du globe du Soleil dans ſes éclipſes totales, pendant qu'il a été caché par celui de la Lune.

107. Une des circonſtances des plus eſſentielles à l'apparition de l'atmoſphere ſolaire dans la lumiere zodiacale, c'eſt qu'elle ait une étendue ou une longueur ſuffiſante ſur le zodiaque; car ſans cela ſa clarté nous eſt entierement derobée par celle du crepuſcule ſoit avant le lever du So-

leil, ſoit après ſon coucher. La longueur de la lumiere zodiacale varie quelque fois réellement, & quelque fois ſeulement en apparence : la lumiere zodiacale pourroit donc quelque fois être fort étendue, & le paroître peu par des circonſtances exterieures & paſſageres ; mais elle ne ſçauroit paroître fort étendue ſans l'être en effet, n'y ayant aucune illuſion optique qui puiſſe produire cette apparence.

108. Il eſt certain comme on le démontre par un grand nombre d'obſervations qui ne ſont pas équivoques, que l'atmoſphere du Soleil, vûe en qualité de lumiere zodiacale, atteint quelque fois juſqu'à l'orbite de la terre. (*Fig.* 119.) ST eſt le demi diametre de l'orbite de la terre, ET en eſt une portion, SI eſt l'étendue ou la longueur de la lumiere zodiacale, le Soleil étant en S & la terre en T, l'angle STI qu'elle ſoutend excede quelque fois l'angle droit & va juſqu'à 100 degrés : ainſi tant que la longueur SI eſt la baſe d'un angle droit STG, ou d'un angle obtus STI; il eſt certain que non-ſeulement la lumiere zodiacale arrive juſqu'à la terre, mais qu'elle s'étend encore au-delà à une plus grande diſtance du Soleil.

119. Mais quand même cette lumiere ne parviendroit pas viſiblement comme elle fait juſqu'à l'orbite de la terre, & que l'angle STD ſous lequel on voit ſa longueur SD feroit aigu, elle pourroit néanmoins atteindre encore juſqu'à l'atmoſphere qui environne la terre & y tomber de fort loin, comme de pluſieurs milliers de lieues & y former l'Aurore boréale. La preuve que M. de Mairan en donne ſe tire de la loi de la force centrale. Tout corps céleſte circule autour d'un centre où il tend, ou vers lequel il eſt pouſſé. La tendence à s'écarter du centre eſt l'effet de la force centrifuge, force qui eſt toujours oppoſée à la force centrale qu'elle balance. La force centrale s'exerce en raiſon renverſée des quarrés des diſtances au centre de la circulation ; ainſi elle diminue à meſure que les diſtances augmentent. Suppoſons donc que la matie-

re de la lumiere zodiacale s'éloigne tellement du Soleil, & s'approche si fort de la terre que sa force centrale ou sa pesanteur vers cet astre étant extrémement affoiblie, elle ne refuse point d'entrer dans le tourbillon terrestre qui la rencontre durant le mouvement annuel, & de tourner avec le fluide qui le compose; pour lors la matiere zodiacale cessant de tourner immédiatement autour du Soleil, elle aura sa tendance vers le centre de la terre ou pesera vers ce centre. Mais auparavant qu'elle arrive à l'endroit du tourbillon terrestre où elle soit déterminée à y circuler, elle parvient à une distance où les forces centrales vers le Soleil & vers la terre sont en équilibre, & où elle n'est pas plus poussée vers un centre que vers l'autre: or suivant le calcul de M. de Mairan la limite L ou le lieu de l'équilibre est distant du centre T de la terre de soixante mille lieues. Donc au défaut de l'observation on pourroit supposer que la matiere de l'atmosphere solaire tombe de cette distance dans le tourbillon de la terre; mais il est certain par l'observation qu'elle y tombe.

110. Supposons donc que cette matiere entre dans le tourbillon terrestre, & qu'elle tombe de-là dans notre atmosphere où elle rencontre les couches superieures de notre air, elle doit être repoussée par les parties de cet air qui ont le plus de mouvement & rejaillir vers celles qui en ont le moins, c'est-à-dire, de l'équateur vers les poles, car elle n'a nulle force centrifuge, du moins par rapport à l'axe de la terre, tandis qu'elle est rencontrée & heurtée par un fluide qui participe à toute la rotation qui se fait autour de cet axe. Ce fluide tendra donc à l'écarter en ce sens, c'est-à-dire vers les parties qui ont le moins de mouvement, & par conséquent elle passera en partie à côté des endroits où la rotation est plus grande, & elle s'assemblera en plus grande quantité aux endroits où elle est moindre, c'est-à-dire vers les poles. La grossiereté de l'air qui couvre les poles & les regions polaires doit encore favoriser l'amas qui s'y fait de la matiere zodiacale, l'y retenir & la rendre plus visible pour nous. L'Aurore bo-

réale doit donc être plus visible du côté du pole que vers l'équateur.

111. Et comme il n'y a point d'apparence que cette matiere ou cet air solaire, non plus que le nôtre, soit si parfaitement homogéne, qu'il n'y ait aucune différence de figure, de grosseur, de contexture, & de poids dans les parties qui le composent, il doit descendre plus ou moins dans l'atmosphere terrestre à raison du différent poids de ces parties, & s'y assembler sur des couches de différente hauteur. Les couches les plus basses & le plus près de nous seront chargées des parties les plus grossieres & le moins inflammables, lesquelles formeront cette espece de calote, dont une partie & les bords étant apperçûs de la Zone temperée y prendront l'apparence d'un nuage, d'un brouillard, d'un amas de fumée grisatre, dont resultera un segment circulaire obscur, plus ou moins élevé par son sommet, & d'une amplitude plus ou moins grande selon l'étendue réelle de l'amas, & selon la latitude du lieu où il est vû.

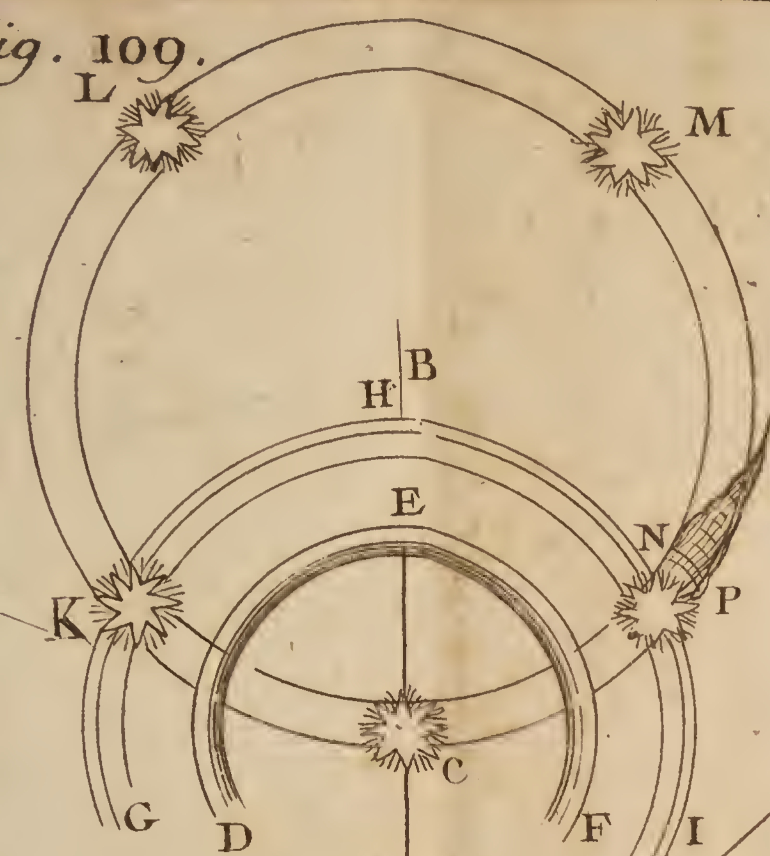
112. Des parties de l'atmosphere solaire plus legeres plus inflammables, & deja enflammées, étant couchées sur ce segment obscur, dont l'horison sensible fait la corde, & y débordant de tous côtés, nous feront paroître cet arc lumineux ou ce limbe qui termine le segment obscur. Une matiere plus tenue qui tombera sur celle-ci, ou qui se sera enflammée avant que d'arriver à sa superficie, y produira encore l'apparence d'un second arc lumineux concentrique au premier, & ainsi de suite jusqu'à un troisieme qui est presque toujours le dernier. Si dans cette chute de la matiere solaire sur celle qui occupe le lieu le plus bas, il y en a encore d'assez grossiere & d'assez pesante pour arriver uniformement de tous côtés jusqu'à cette derniere, & pour se joindre au segment obscur, elle en augmentera l'étendue tant réelle qu'apparente, c'est-à-dire sa hauteur & son amplitude sur l'horison, pour le spectateur qui le regarde de la Zone temperée, ainsi qu'on le voit arriver dans la plûpart des grandes Aurores boréa-

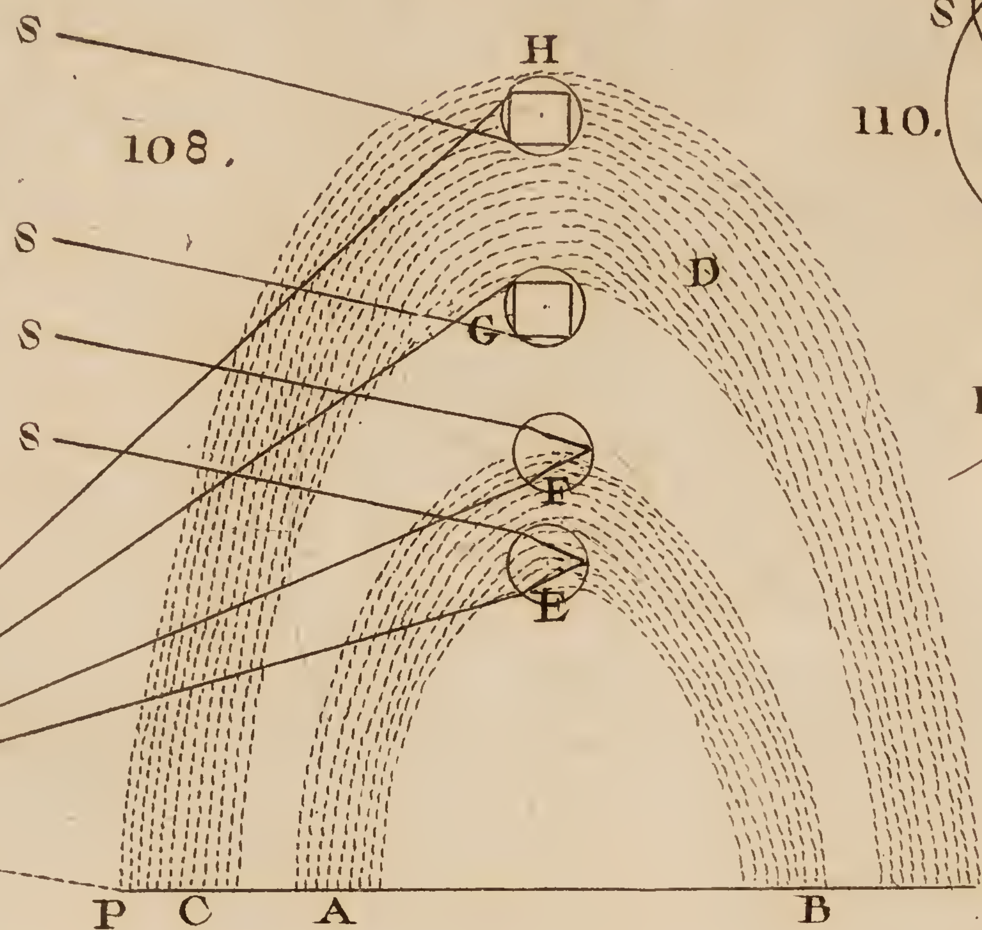
les au commencement de leur formation ; après quoi le ſegment obſcur & l'arc lumineux demeurent quelque fois & pendant aſſez long tems de la même grandeur.

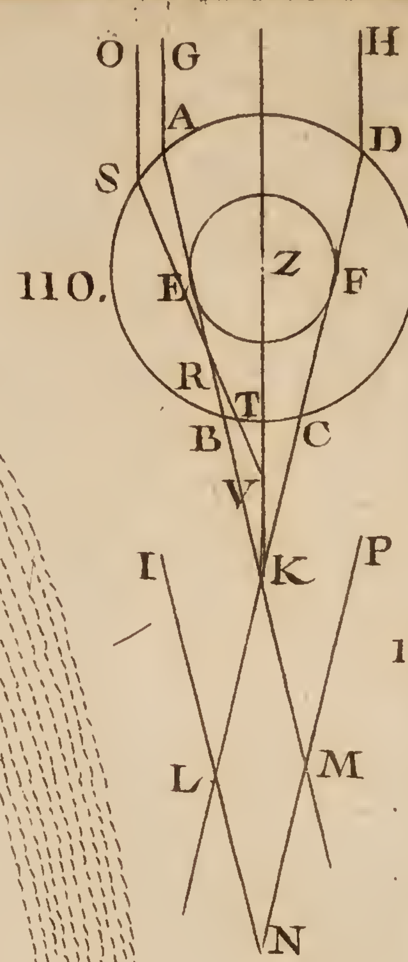
113. Que ſi, au lieu de tomber uniformément, cette matiere la plus groſſiere n'arrive juſqu'au ſegment obſcur que par floccons ſéparés & par colomnes, elle interrompra l'arc ou le limbe éclairé par des intervalles obſcurs, plus ou moins grands, & plus ou moins regulierement ſemés ſelon la diſtribution fortuite qui s'en fera, & qui dans le cas d'un peu de regularité, & de l'égalité des intervalles produira l'apparence d'une bande crenelée.

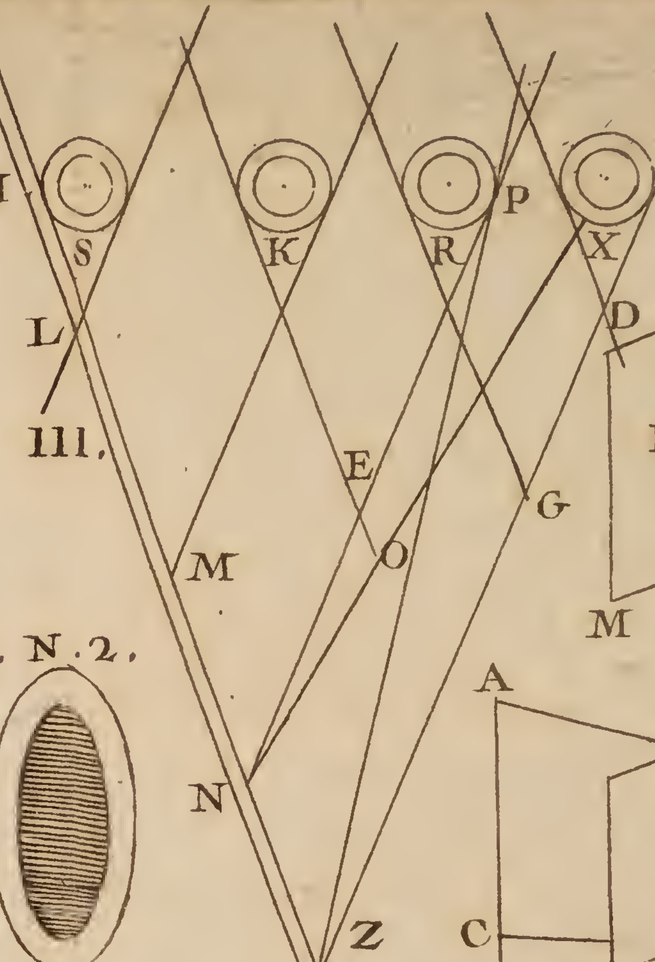
114. Enfin s'il vient à tomber ſur ces creneaux une matiere plus legere non encore enflammée & qui ſoit étendue uniformément, elle y pourra faire paroître un arc obſcur qui terminera la bande crenelée concentrique au ſegment. Du reſte ce qu'il y a de plus ordinaire dans les grandes Aurores boréales c'eſt que le ſegment obſcur ſoit terminé par un arc ou limbe éclairé d'un blanc qui tire foiblement ſur le jaune orangé à ſes extrémités, & ſur le verd celadon auprès du ſegment. Les jets de lumiere qui s'élevent du ſegment obſcur & de l'arc peuvent être de deux eſpeces différentes : les premiers conſiſteront en des trainées oblongues & à peu près verticales de la matiere du phénomene, viſible par elle-même dans le tems de ſon inflammation, ou devenue telle par une lumiere étrangere qui la frappe & qu'elle refléchit vers nous, les ſeconds ne réſulteront que d'une ſemblable refléxion de la lumiere qui part des breches du ſegment obſcur ou de l'arc, & qui vient darder contre la matiere boréale indiſtinctement répandue autour du ſegment obſcur. Les jets de la premiere eſpece qu'on peut appeller *colomnes* peuvent donc ſe montrer par leur propre lumiere ou par celle qu'elles refléchiſſent & ſouvent par l'une & par l'autre ; ceux de la ſeconde appellés *rayons* ne ſeront jamais que l'effet d'une lumiere refléchie. Les trainées qui produiſent des colomnes viennent de ce que la matiere ſolaire ne ſe mêlant pas par tout uniformément ne tombe dans notre atmoſphere que par pelotons.

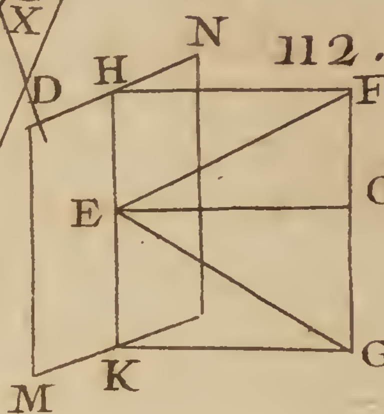
Les


Fig. 109.
L
M
H
B
O
E
N
K
P
C
G
D
F
I
A

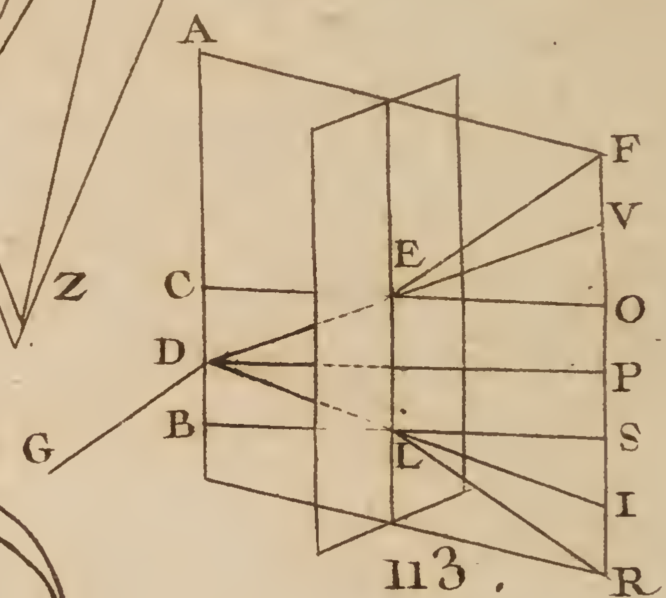

108.
S
H
G
D
F
E
O
P
C
A
B

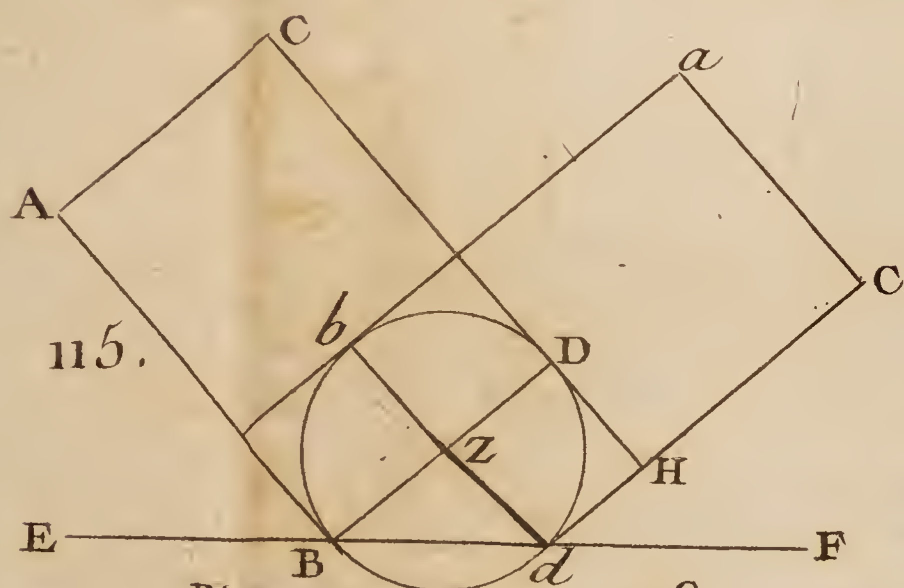

110.
O
G
H
A
D
S
Z
E
F
R
T
B
C
V
K
I
P
L
M
N

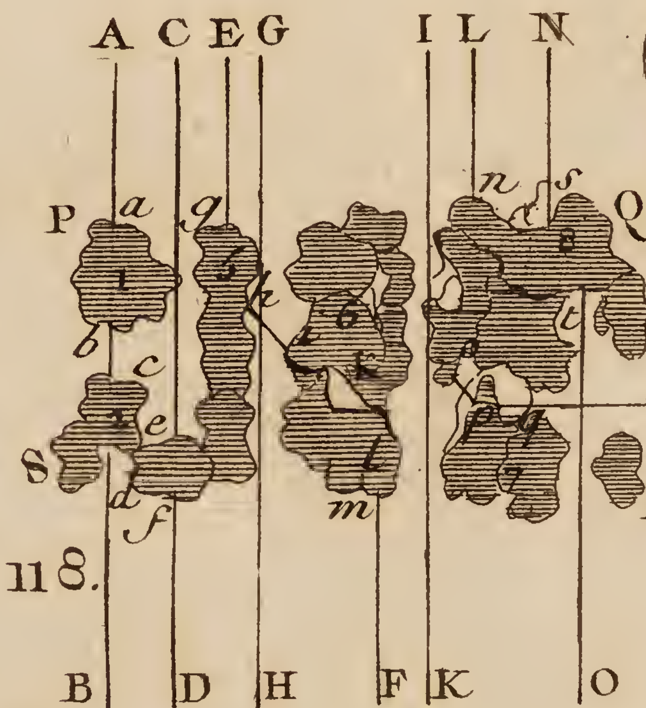

111.
I
S
K
R
P
X
L
E
G
M
O
N
Z

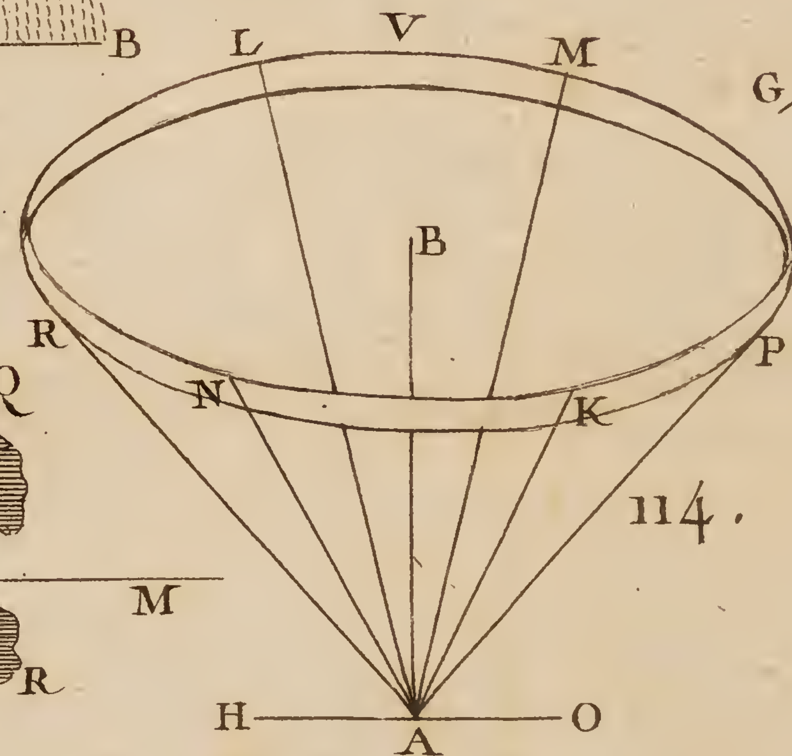

112.
D
H
N
F
E
O
M
K
G

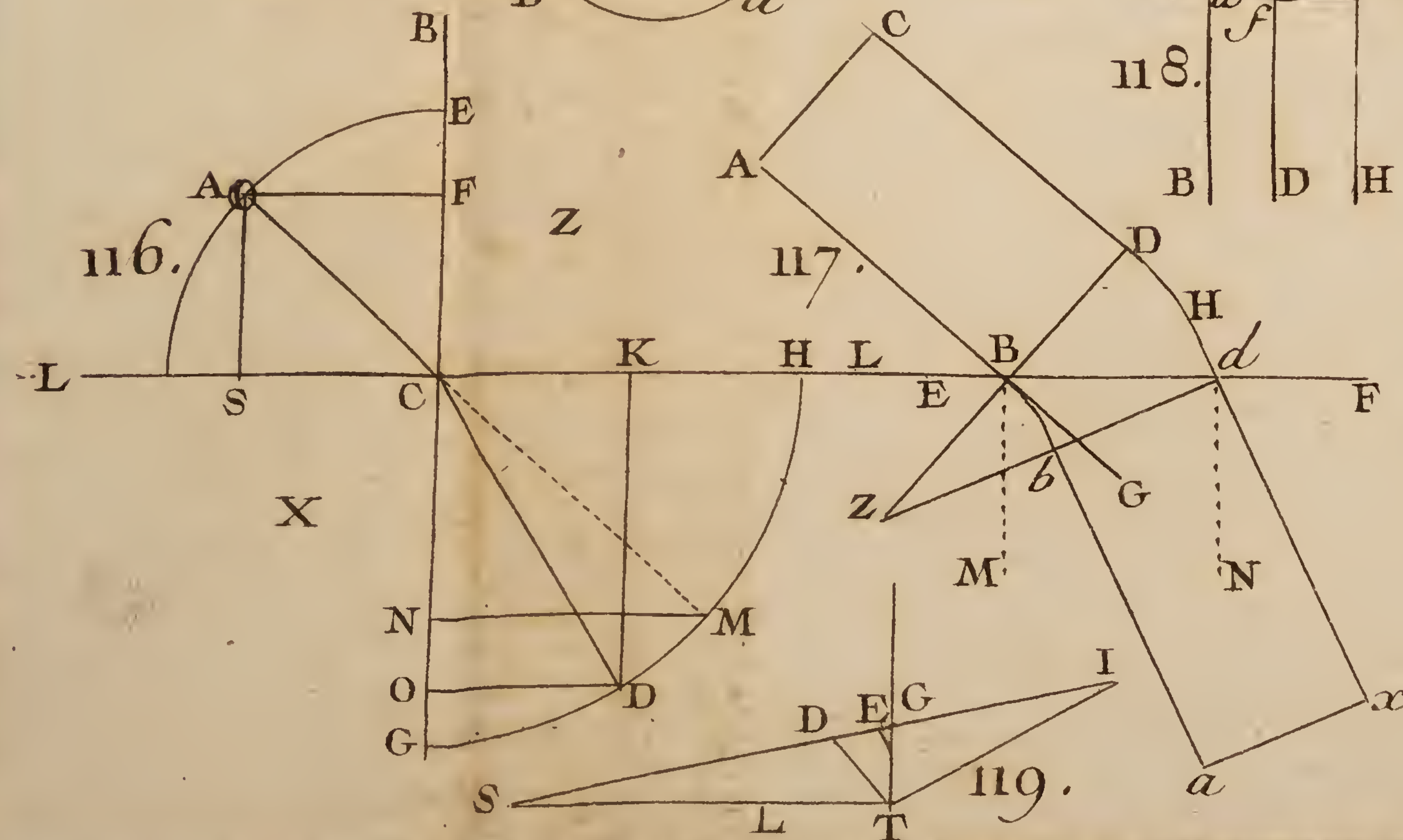

114. N.2.


113.
A
F
V
E
C
O
D
P
B
S
L
I
G
R


115.
C
a
A
C
b
D
Z
H
E
B
d
F


118.
A C E G
I L N
P
Q
M
S
R
B D H F K O


114.
L V M
B
R
P
N
K
H A O


116.
117.
119.
B
E
F
A
Z
L
S
C
K
H
X
N
M
O
D
G
C
A
D
H
B
E
d
F
Z
b
G
M
N
x
a
I
E
G
S
L
T

115. Les éclairs ont cela de particulier qu'ils ſont l'effet d'une lumiere ordinairement plus ſubite & moins ſoutenue que celle des rayons, parce qu'ils réſultent d'une inflammation plus iſolée, & qui n'ayant point à gagner de proche en proche ne peut ſe communiquer que par ſauts & par repriſes aux pelotons de matiere ſéparés de celui qui produit l'éclair actuel. S'il arrive pourtant par la diſtribution accidentelle de ces floccons, & de leur inflammation ſucceſſive, que les éclairs deviennent plus fréquens & ſe ſuivent à intervalles de tems à peu près égaux, pour les diſtinguer des éclairs on les appellera des vibrations de lumiere, uniquement à cauſe de leur fréquence & de la regularité de leurs retours.

116. Quant à cette eſpece de fumée qui ſe mêle indiſtinctement avec toutes les parties du phénomene, elle eſt une ſuite de la grande abondance de la matiere zodiacale tombée dans notre atmoſphere, car il y en a preſque toujours une partie qui n'eſt pas encore enflammée qui ne s'enflammera que tard, ou même qui ne s'enflammera jamais. Auſſi ne remarque-t-on gueres cette fumée éparſe & mêlée avec les parties lumineuſes, que dans les grandes Aurores boréales où tout le Ciel ſemble rempli de la matiere du phénomene. C'eſt cette fumée qui a été ſans doute la ſource de ces allarmes d'incendie que l'Aurore boréale a cauſées dans tous les tems après quelque longue interruption.

117. Le mouvement général que l'on apperçoit alors dans le phénomene eſt plus apparent que réel. M. de Mairan conclut après en avoir examiné les cauſes, que la plûpart de ces mouvemens qu'on dit avoir obſervé dans les parties de l'Aurore boréale, ne ſont que des nouveaux corps de lumiere qui rendent viſible les objets qui ne l'étoient pas auparavant avec plus ou moins de viteſſe de ſoudaineté ou de gradation.

118. La couronne de l'Aurore boréale eſt un objet purement optique. Suppoſons que la matiere du phénomene tombe par pelotons de la ſuperficie de notre atmoſphe-

re, & qu'il s'en forme une infinité de trainées ou de colomnes perpendiculaires, ou à peu près, à la surface de la terre, les unes déja enflammées & visibles par elles-mêmes, les autres frappées seulement de la lumiere que produisent les inflammations qui se font tout autour, il est clair que les colomnes qui sont le plus près du Zenit étant imaginées rangées circulairement y produiront l'apparence d'un trou d'un entonnoir renversé, ou du sommet d'un pavillon, ou enfin d'une couronne, si l'œil du spectateur les projette sur la superficie concave du Ciel.

119. A l'égard des couleurs de l'Aurore boréale, on remarquera que si la matiere de l'Aurore boréale étoit aussi rare ou aussi peu dense que la matiere zodiacale, la lumiere qui nous la rend visible viendroit à nous dans les mêmes circonstances que la lumiere du Soleil ou que ses rayons directs, c'est-à-dire que nous la recevrions comme venant de l'éther & elle conserveroit sa couleur blanche; mais la matiere de l'Aurore boréale est plus dense que la matiere zodiacale avant qu'elle entre dans notre atmosphere; deux causes concourent à en augmenter la densité. 1°. Le long tems qu'elle met à s'assembler dans notre atmosphere. 2°. Le nouveau poids qu'elle acquiert en s'approchant du centre de la terre, car ce poids augmente d'autant plus que le quarré de la distance diminue: or la densité croît en même raison que le poids. Cela posé, il faut considérer les rayons de la lumiere qui nous fait voir la matiere de l'Aurore boréale, comme partant des couches superieures de l'atmosphere où ils se filtrent, pour ainsi dire dès leur naissance, à travers des amas de la même matiere, mais de différente densité entr'eux, enflammés dans un endroit & non enflammés dans l'autre: ainsi la divergence qui naît de l'étherogeneité des parties de la lumiere, de leur différente refrangibilité, ou ce qui est la même chose de leurs différentes vitesses peut se rendre sensible de même que dans l'expérience du prisme, ou plus particulierement comme il arrive quelque fois aux rayons du Soleil à l'occasion des vapeurs ou des

nuages qui se trouvent près de l'horison à son lever & à son coucher. Les rayons de différente refrangibilité ou de différentes vitesses peuvent donc se séparer & se manifester par leurs couleurs.

# TABLE

## *Des Titres contenus dans ce Volume.*

### ARTICLE I.



### ARTICLE II.

## ARTICLE III.

## ARTICLE IV.



## ARTICLE V.

## ARTICLE VI.

## ARTICLE VII.



Fin de la Table.

---

## *Errata ou Fautes à corriger.*

Page 15 ligne 10, *lisez* dessous, au lieu de dessus.
Page 43 ligne 6, *lisez* 50', au lieu de 40'.
Page 44 ligne 22, *lisez* AR, au lieu de AK.
Page 47 ligne 22, *lisez* & étant divisée, au lieu de & la face Septentrionale étant divisée.
Page 56 ligne 29, *lisez* la hauteur du pole.

Page 57 ligne 25, *lisez* donc leurs communes sections.
Page 59 ligne 29, *lisez* arriver, & ligne 31, *lisez* AO, au lieu de AD.
Page 61 ligne 18, *lisez* horison, au lieu de horifon.
Page 66 ligne 22, après commun ajoutez *on tire*.
Page 78 ligne 19, *lisez* aux, au lieu de aue.
Page 82 ligne 27, *lisez* en plein ceintre.
Page 85 ligne 7, *lisez* seroit peinée.
Page 96 ligne 13, après PO ajoûtez-donc M N. mn :: SO. PO.
Page 115, ligne 10, *lisez* réguliers, au lieu d'irréguliers.
Page 118 ligne 10, *lisez* point, au lieu de potnt.
Page 129 ligne 21, *lisez* infiniment, & ligne 24, *lisez* EFC.
Page 150 ligne 32, *lisez* horizontal.
Page 155 ligne 13, *lisez* 1745, au lieu de 1774.
Page 159 ligne 9, *lisez* de la fig. 66 & de la fig. 67 qui &c.
*Ibidem*, ligne 13, après GDF, *lisez* de GDE, au lieu de GDN.
Page 164 ligne 22, *lisez* KR, FI, au lieu de FL.
Page 166 ligne 33, *lisez* DO, au lieu de BO.
Page 168 ligne 4, après GDF ajoûtez l'angle DGF est commun.
*Ibidem*, ligne 17, après G ajoûtez on aura encore le point G. par cette proportion Af. fD :: FD. FG.
*Ibidem*, ligne 28, *lisez* proportion, au lieu de proposition.
Page 169 ligne 17, *lisez* fD, au lieu de FD.
Page 170 ligne 28, *lisez* concours, au lieu de conconrs.
Page 186 ligne 16, après dans l'œil, ajoûtez *fig.* 91.
Page 193 ligne 23, *lisez* d'un point, au lieu de d'nn.
Page 198 ligne 18, *lisez* (V. n. 57.)
Page 199 ligne 22, *lisez* HN, au lieu de HC.
Page 202 ligne 25, *lisez* on parvient.
Page 205 ligne 2, *lisez* on le perd.
Page 218 ligne premiere, *lisez* fig. 99, au lieu de 90.
Page 219 ligne 27, *lisez* FE, au lieu de FH.
Page 230 ligne 32, *lisez* peindre, au lieu de piendre.
Page 234 ligne 24, *lisez* grises, au lieu de grisses.
Page 248 ligne 32, *lisez* souffre, au lieu de soussre.
Page 252 ligne 16, *lisez* TRX ERT, au lieu de ERT TRX.
Page 259 ligne 15, *lisez* qui, au lieu de pui.
Page 285 ligne 31, après terre ajoûtez lesquelles.
Page 311 ligne 10, *lisez* que, au lieu de qne.
Page 322 ligne 3, *lisez* n'écarte, au lieu de écarte.

115. Les éclairs ont cela de particulier qu'ils ſont l'effet d'une lumiere ordinairement plus ſubite & moins ſoutenue que celle des rayons, parcequ'ils réſultent d'une inflammation plus iſolée, & qui n'ayant point à gagner de proche en proche ne peut ſe communiquer que par ſauts & par repriſes aux pelotons de matiere ſéparés de celui qui produit l'éclair actuel. S'il arrive pourtant par la diſtribution accidentelle de ces floccons, & de leur inflammation ſucceſſive, que les éclairs deviennent plus fréquens & ſe ſuivent à intervalles de tems à peu près égaux, pour les diſtinguer des éclairs on les appellera des vibrations de lumiere, uniquement à cauſe de leur fréquence & de la regularité de leurs retours.

116. Quant à cette eſpece de fumée qui ſe mêle indiſtinctement avec toutes les parties du phénomene, elle eſt une ſuite de la grande abondance de la matiere zodiacale tombée dans notre atmoſphere, car il y en a preſque toujours une partie qui n'eſt pas encore enflammée qui ne s'enflammera que tard, ou même qui ne s'enflammera jamais. Auſſi ne remarque-t-on gueres cette fumée éparſe & mêlée avec les parties lumineuſes, que dans les grandes Aurores boréales où tout le Ciel ſemble rempli de la matiere du phénomene. C'eſt cette fumée qui a été ſans doute la ſource de ces allarmes d'incendie que l'Aurore boréale a cauſées dans tous les tems après quelque longue interruption.

117. Le mouvement général que l'on apperçoit alors dans le phénomene eſt plus apparent que réel. M. de Mairan conclut après en avoir examiné les cauſes, que la plûpart de ces mouvemens qu'on dit avoir obſervé dans les parties de l'Aurore boréale, ne ſont que des nouveaux corps de lumiere qui rendent viſibles les objets qui ne l'étoient pas auparavant avec plus ou moins de viteſſe de ſoudaineté ou de gradation.

118. La couronne de l'Aurore boréale eſt un objet purement optique. Suppoſons que la matiere du phénomene tombe par pelotons de la ſuperficie de notre atmoſphe-